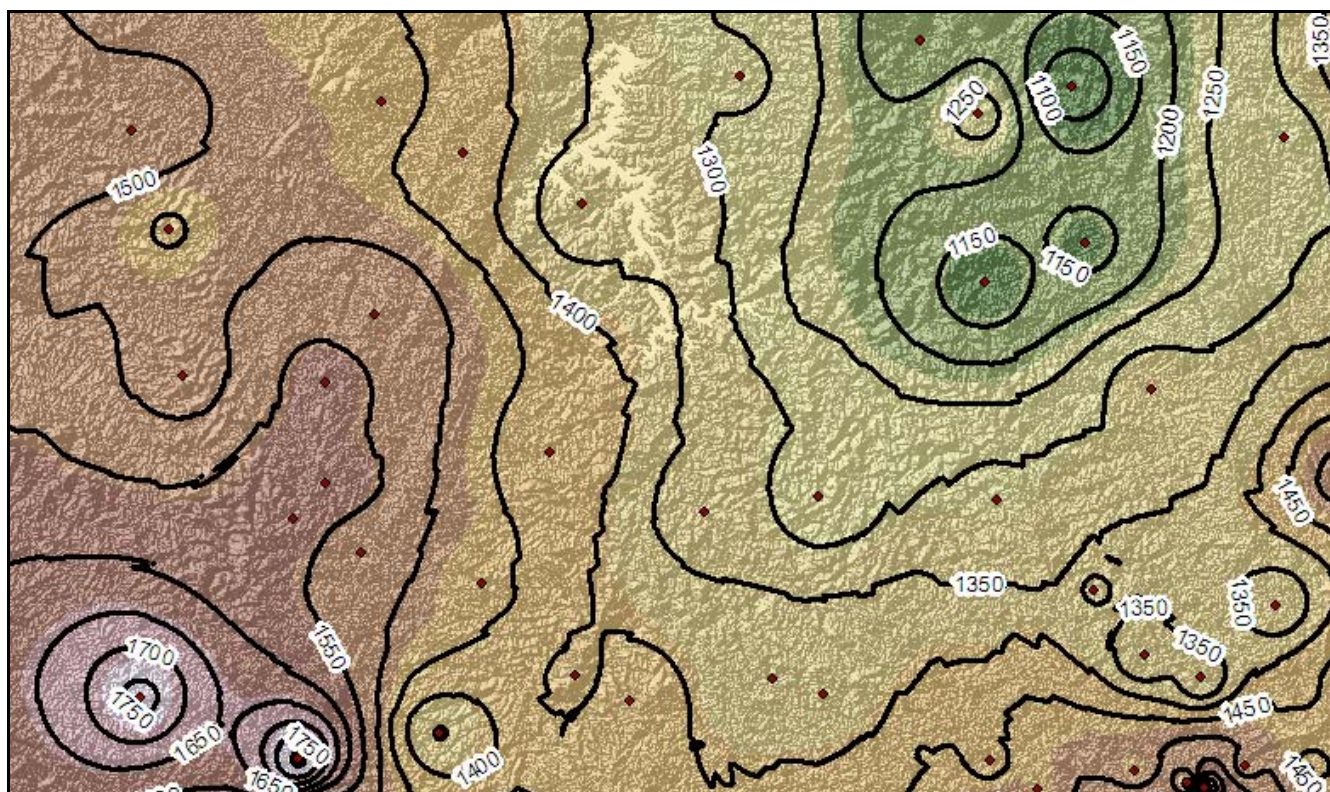
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL E ESTUDOS DE CHUVAS INTENSAS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

CURSO DE GEOPROCESSAMENTO E PROCEDIMENTOS NO TRATAMENTO DIGITAL DE DADOS

DEZEMBRO 2008

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Edson Lobão
MINISTRO DE ESTADO
Cláudio Scliar
SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Roberto Ventura Santos
COORDENAÇÃO GERAL DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Agamenon Sérgio Lucas Dantas
DIRETOR-PRESIDENTE
Manoel Barreto da Rocha Neto
DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
José Ribeiro Mendes
DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
Fernando Pereira de Carvalho
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO
Eduardo Santa Helena
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

Frederico Cláudio Peixinho
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
Achiles Monteiro
CHEFE DA DIVISÃO DE HIDROLOGIA APLICADA

DIVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO

João Henrique Gonçalves
CHEFE DA DIVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO

COORDENAÇÃO EXECUTIVA DO PROJETO

Eber José de Andrade Pinto
COORDENAÇÃO NACIONAL
Patricia Duringer Jacques
COORDENAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO

COORDENAÇÃO REGIONAL

Karine Pickbrenner
SUREG-PA (SUREG/SP e SUREG/PA)
João Salgueiro
SUREG/RE (RETE, REFO e SUREG/RE)
Hertz Rebelo de Sousa
SUREG/MA (SUREG/MA, SUREG/BE e REPO)

EQUIPE EXECUTORA DO PROJETO

SUREG/BE
Andressa Macedo e Silva
REPO
Engenheiro hidrólogo recrutado do concurso (24 horas semanais)
SUREG/SA
Érica Cristina Machado
RETE
Cynthia Pedrosa Teixeira
REFO
José Alexandre Moreira Alves
SUREG/SP
Vanesca Sartorelli Medeiros
SUREG/PA
Adriana Burin Weschenfelder
SUREG/RE
Fábio Araújo Costa
SUREG/GO
Denise Christina de R. Melo
SUREG/BH
Carlos Eduardo de Oliveira Dantas

CONSULTOR EXTERNO

Mauro Naghettini

EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO MANUAL DE INSTRUÇÕES

Elias Bernard da Silva do Espírito Santo
Elizete Domingues Salvador
Luiz Fernando Rezzano Fernandes
Gabriela Figueiredo de Castro Simão
Mônica Mazzine Perrota
Patrícia Duringer Jacques

INSTRUTORES DE GEOPROCESSAMENTO

Gabriela Figueiredo de Castro Simão
Ivete Souza de Almeida
Patrícia Duringer Jacques

ÍNDICE

INTRODUÇÃO______________________________ **5**

ANEXO I – TRABALHANDO COM AS ESTAÇÕES______________________________ **6**

Inserir novos pontos do formato XLS-DBF no ArcGIS
Transformação de projeção
Extração automática de altitude através do modelo digital de terreno
Criação e Preenchimento de colunas
Interpolação
Isoietas

ANEXO II – TRABALHANDO COM MDT E DECLIVIDADE____________________ **24**

Confeccionar relevo sombreado
Reamostrar espacialmente o MDT (Modelo Digital de Terreno)
Confeccionar declividade
Definir as classes de declividade

ANEXO III – TRABALHANDO COM DRENAGENS____________________________ **32**

Preparação de arquivos
Extração automática de drenagens;
Delimitação automática de bacias;
Digitalização de drenagens.

ANEXO IV – CORREÇÃO TOPOLÓGICA______________________________ **42**

1. INTRODUÇÃO

Este documento faz parte de um conjunto de ações da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial e da Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento, que objetiva padronizar procedimentos, bem como fornecer subsídios técnicos organizacionais para as diversas operações que envolvem o projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

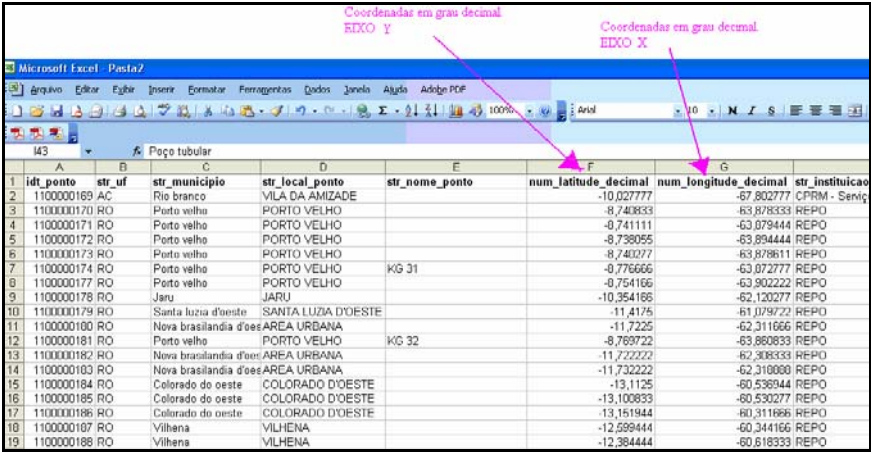
O projeto faz parte da segunda etapa de trabalho de mapas elaborados em ambiente SIG, tendo como tema a hidrogeologia e a hidrologia, a saber:

- PRIMEIRA ETAPA: Elaboração do Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, já executado e concluído em 2007.
- SEGUNDA ETAPA: Elaboração dos Mapas Hidrogeológico e Hidrometeorológico do Brasil.
- TERCEIRA ETAPA: Elaboração do Mapa de Disponibilidade Hídrica do Brasil.

O objetivo do projeto é a geração de produtos reconhecidos internacionalmente como instrumentos fundamentais para a gestão dos recursos hídricos (planejamento, desenvolvimento e proteção ambiental entre outros).

O produto apresentado será um Sistema de Informações Geográficas – SIG, acoplado a um Banco de Dados Georreferenciados (GEOBANK). Assim, para a execução das tarefas tanto do ponto de vista conceitual como de geoprocessamento, foram descritos vários procedimentos em determinados programas utilizados pela CPRM. O uso de outros softwares, não referidos, é possível, mas é necessário que os resultados obtidos sejam os mesmos e estejam de acordo com a filosofia de tratamento proposto, com produtos na mesma qualidade.

Esta sistemática de trabalho permite organizar os dados no GEOBANK de forma a possibilitar a conexão dos dados vetoriais com os dados alfanuméricos. Em uma primeira fase, através dos elementos-chave descritos nas tabelas, é possível vincular mapas digitais ao GEOBANK facilmente, como na montagem de SIGs, onde as tabelas são produtos da consulta sistemática ao banco de dados (BD).

Neste volume são apresentados conceitos de Geoprocessamento e exercícios utilizando o *software* de SIG: ArcGIS da ESRI®.

ANEXO I – TRABALHANDO COM AS ESTAÇÕES

Nesta instrução, o usuário encontrará os recursos para:

- Inserir novos pontos do formato XLS-DBF no ArcGIS;
- Transformação de projeção;
- Extração automática de altitude através do modelo digital de terreno;
- Criação e Preenchimento de colunas;
- Interpolação;
- Isoietas.

INSERIR NOVOS PONTOS DO FORMATO XLS-DBF NO ARCGIS

Abra a tabela *.xls no Excell. Esta tabela tem que ter os campos com as coordenadas X e Y. Pode ser coordenadas: UTM, geográficas (em grau decimal), Lambert, etc...

idt_ponto	str_uf	str_municipio	str_local_ponto	str_nome_ponto	num_latitude_decimal	num_longitude_decimal	str_instituicao
1100000169	AC	Rio branco	VILA DA AMIZADE		-10,027777	-67,802777	CPRM - Serviç
1100000170	RO	Porto velho	PORTO VELHO		-8,740833	-63,878333	REPO
1100000171	RO	Porto velho	PORTO VELHO		-0,741111	-63,079444	REPO
1100000172	RO	Porto velho	PORTO VELHO		-8,738055	-63,894444	REPO
1100000173	RO	Porto velho	PORTO VELHO		-8,740277	-63,878611	REPO
1100000174	RO	Porto velho	PORTO VELHO	KG 31	-0,776666	-63,072777	REPO
1100000177	RO	Porto velho	PORTO VELHO		-0,754166	-63,902222	REPO
1100000178	RO	Jaru	JARU		-10,354166	-62,120277	REPO
1100000179	RO	Santa luzia d'oeste	SANTA LUZIA D'OESTE		-11,4175	-61,079722	REPO
1100000180	RO	Nova brasilandia d'oes	AREA URBANA		-11,7225	-62,311666	REPO
1100000181	RO	Porto velho	PORTO VELHO	KG 32	-8,769722	-63,860833	REPO
1100000182	RO	Nova brasilandia d'oes	AREA URBANA		-11,722222	-62,308333	REPO
1100000183	RO	Nova brasilandia d'oes	AREA URBANA		-11,732222	-62,318888	REPO
1100000184	RO	Colorado do oeste	COLORADO D'OESTE		-13,1125	-60,536944	REPO
1100000185	RO	Colorado do oeste	COLORADO D'OESTE		-13,100833	-60,530277	REPO
1100000186	RO	Colorado do oeste	COLORADO D'OESTE		-13,151944	-60,311666	REPO
1100000187	RO	Vilhena	VILHENA		-12,599444	-60,344166	REPO
1100000188	RO	Vilhena	VILHENA		-12,384444	-60,618333	REPO

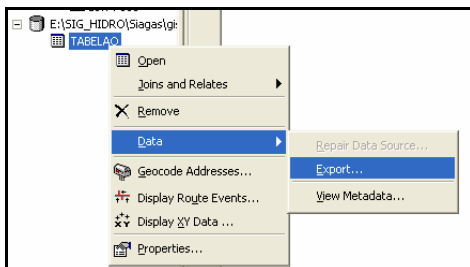
Selecionar os dados da tabela e exportar para **DBF IV** ou **MS-DOS**

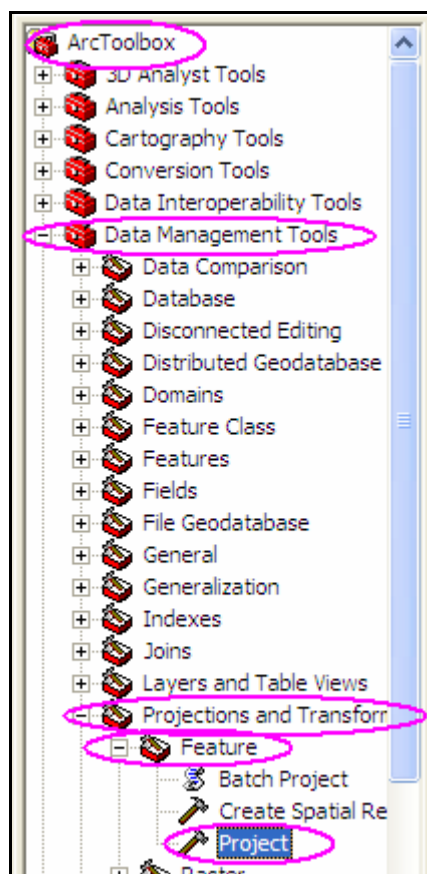
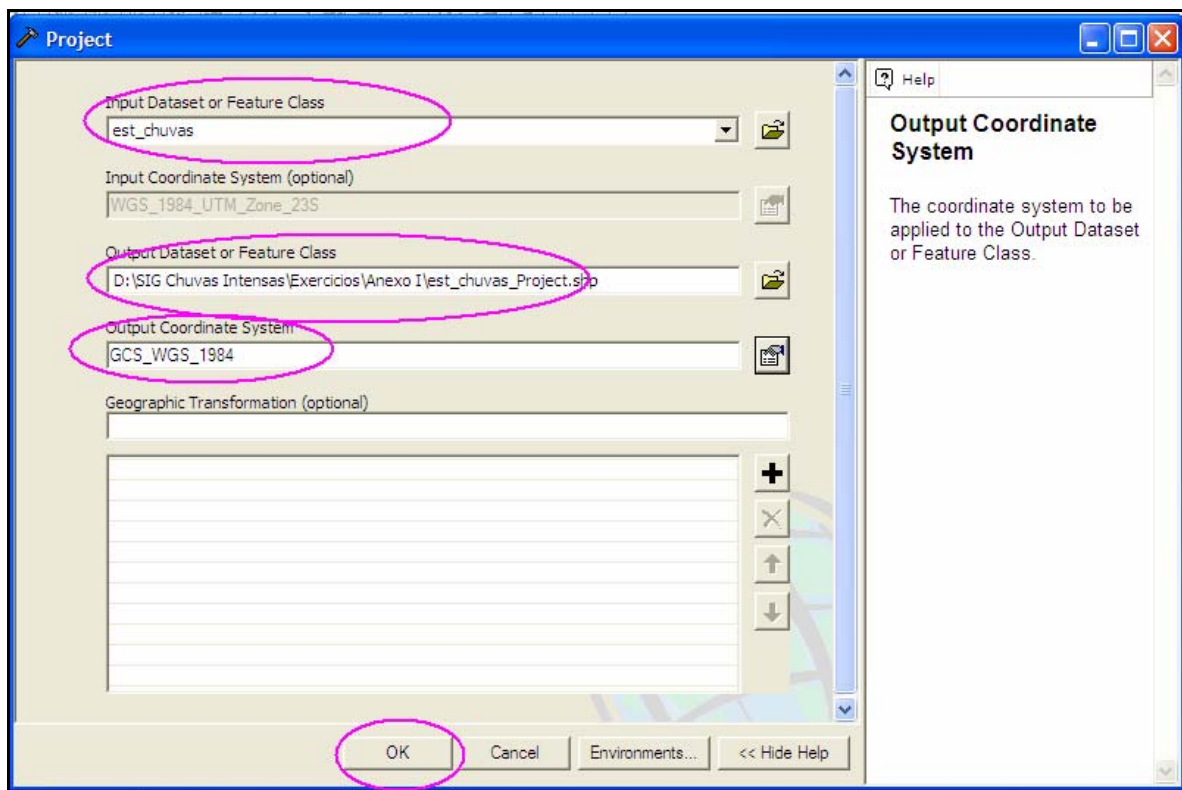
OBS. se o técnico estiver trabalhando no Arc9.2, os dados podem ser inseridos diretamente como xls, não sendo necessário exportar para dbf.

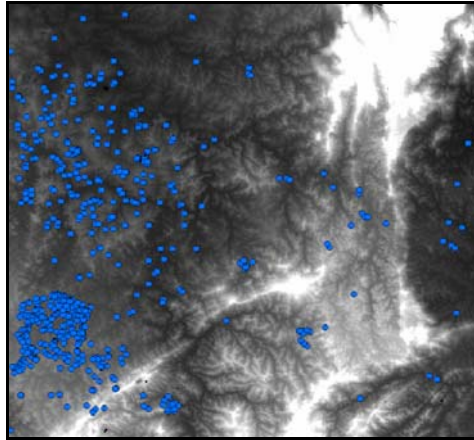
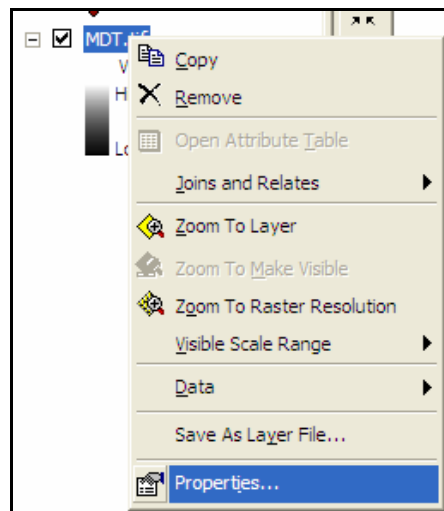
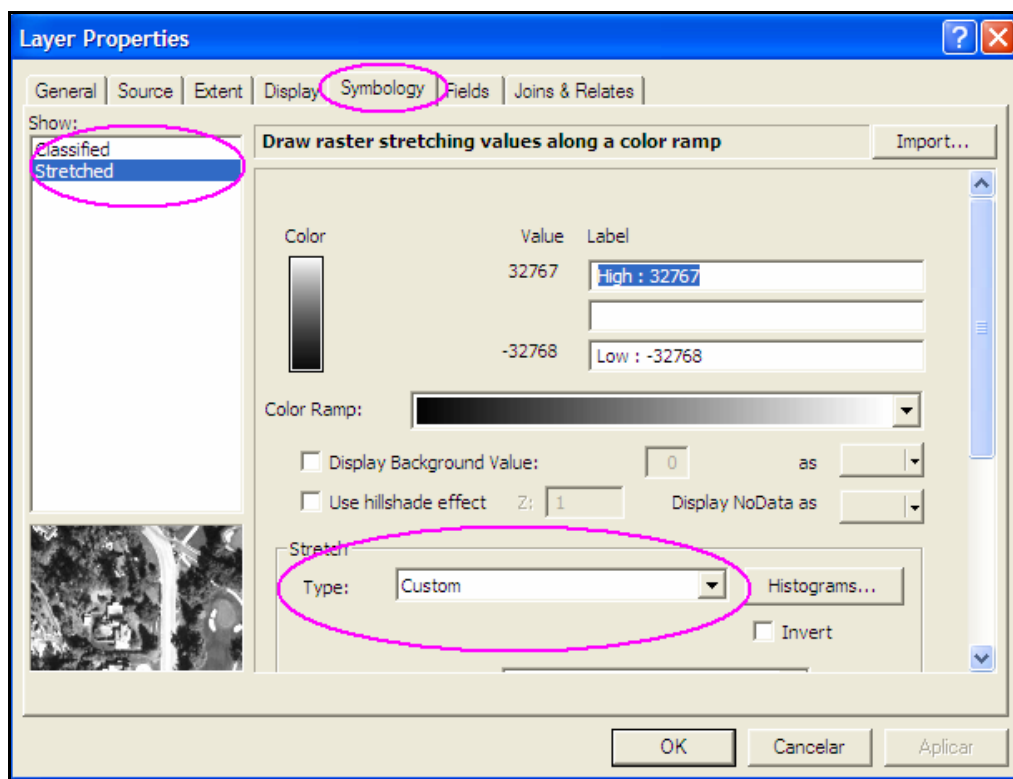
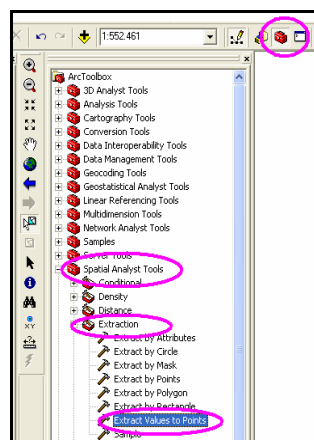
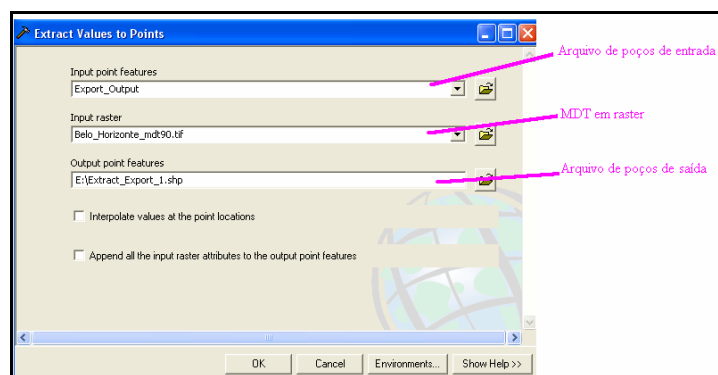
Abrir o ArcGIS e selecionar: **Tools – Add X,Y Data**

Preencha os campos e edite as coordenadas informando o sistema de projeção

Depois de informado o sistema de projeção clicar em OK. A tabela será adicionada no ArcGIS, porém ainda não é uma imagem shape. Deverá ser exportada para o formato Shape File.

Clicar na Layer da tabela com o botão direito do "mouse" e exportar para shape.

TRANSFORMAÇÃO DE PROJEÇÃO

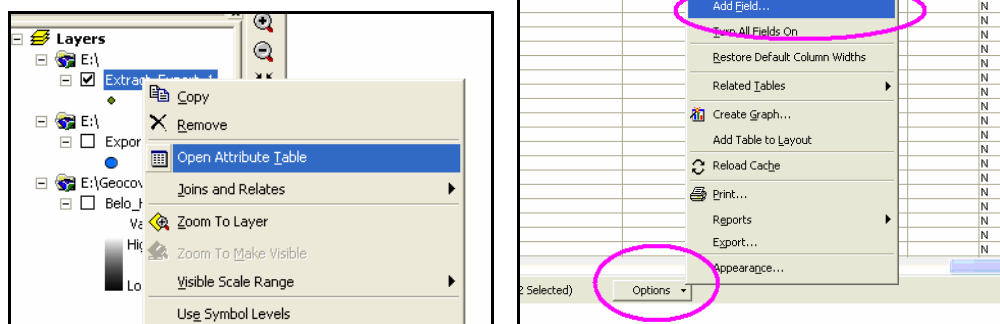
Para transformar os dados de uma projeção para outra clicar em: **ArcToolbox – Data Management Tools – Projections and transformation – Feature - Project**

Selecione o nome do arquivo de entrada, o nome do arquivo de saída e a nova projeção. OK

EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DE ALTITUDE ATRAVÉS DO MODELO DIGITAL DE TERRENO

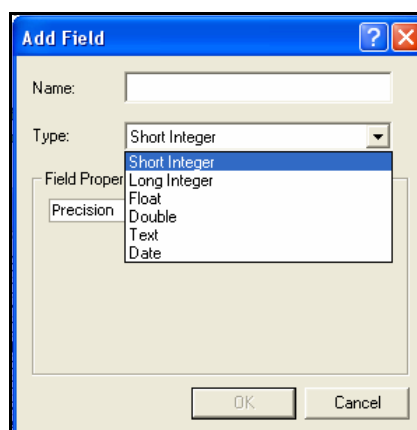
Adicionar a layer de estações e o modelo digital de terreno no ArcGIS

OBS Caso a imagem de MDT apareça escura fazer um realce. Clicar com o botão esquerdo sobre o MDT e depois clicar em **Properties...**

Clicar em **Symbology – Stretched** e em **Type** colocar **Custom**

Ativar o ArcTool Box e clicar em **Spatial Analyst Tools – Extractions – Extract Values to Points**

Preencher a tela com os dados de entrada e saída

Será gerado um novo arquivo Shape, sendo que a última coluna de atributos corresponde ao valor da altitude extraído do MDT.

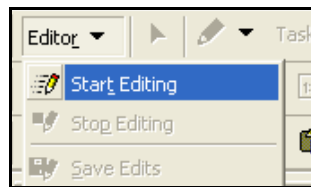
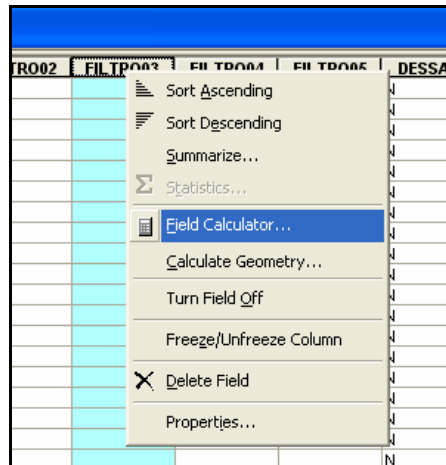
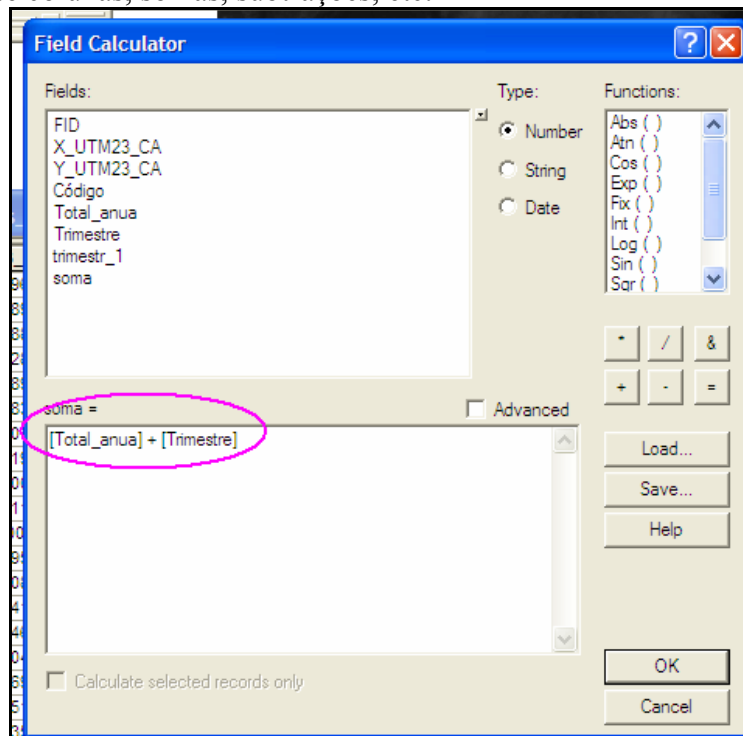
CRIAÇÃO E PREENCHIMENTO DE COLUNAS

Para adicionar uma coluna na tabela de atributos da shape o usuário deverá:

Abrir a tabela – Clicar na layer do arquivo com o botão direito do "mouse" em **Open Attribute Table**

Ao abrir a tabela clicar em **Opções – Add Field**

Selecionar o nome do campo novo e o tipo de campo:

Short Integer	Número inteiro curto 2 bytes – 32.768 até + 32.767
Long Integer	Número inteiro longo – 4 bytes - acima de 32.767
Float	Número decimal - 4 bytes – só guarda 7 dígitos inteiros
Double	Número decimal – 8 bytes
Text	Texto
Data	Data

A opção de Precision refere-se ao tamanho do campo e Scale ao número de casas decimais.

Para preencher as colunas é necessário que o arquivo esteja em modo de edição e assim poderá modificar os valores manualmente.

Para fazer o preenchimento automático de uma coluna selecione a coluna e depois o Field Calculator. Aparecerá uma mensagem alertando que os campos serão alterados. Dizer que quer continuar mesmo assim. Preencher os dados. Se for texto colocar entre aspas.

Com o Field Calculator também pode-se fazer operações algébricas como por exemplo, multiplicações de colunas, somas, subtrações, etc.

INTERPOLAÇÃO

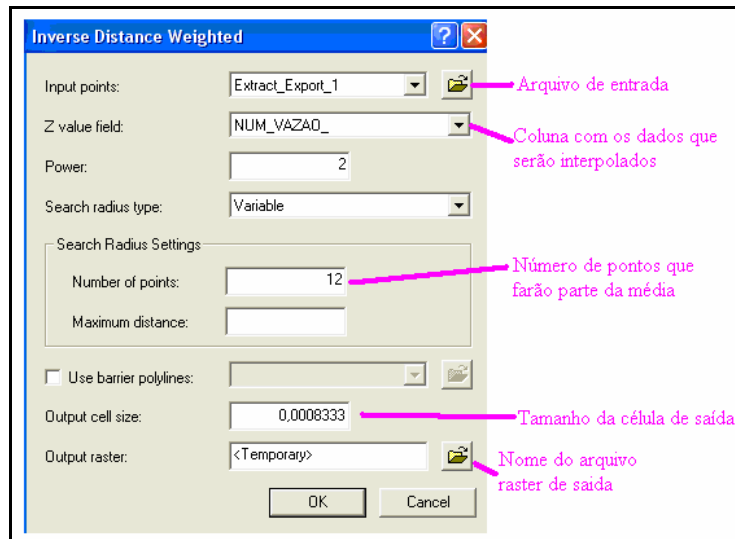
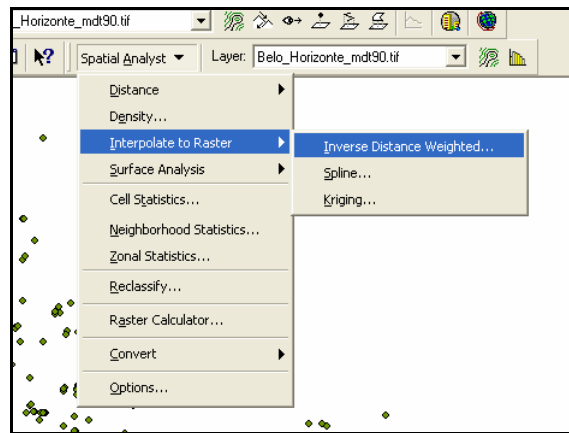
A Geoestatística é uma área que inclui uma grande variedade de técnicas de estimação, como Inverso do Quadrado da Distância (IDW), análise do vizinho mais próximo (*nearest neighbor*), e krigagem linear e não-linear. É mais comumente usada para identificar e mapear padrões espaciais da superfície terrestre. Pode ser usada para determinar se existe autocorrelação espacial entre dados de pontos. Para isso, a função mais comum utilizada é o (semi)variograma.

A diferença entre a krigagem e outros métodos de interpolação é a maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. No caso de interpolação linear simples, por exemplo, os pesos são todos iguais a 1/N (N = número de amostras); na interpolação baseada no inverso do quadrado das distâncias, os pesos são definidos como o inverso do quadrado da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na krigagem, o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, exceto que aqui os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no semivariograma experimental. Além disso, a krigagem fornece, em média, estimativas não tendenciosas e com variância mínima.

Peso do Inverso da Distância Ponderada

Os dados pontuais podem ser interpolados da seguinte maneira:

Adicionar o arquivo de estações e depois selecionar **Spatial Analyst – Interpolate to raster – Inverse Distance Weight**

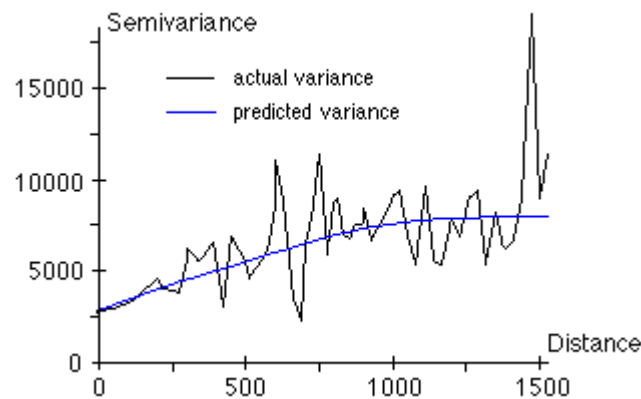
O método do Peso do Inverso da Distância Ponderada (IDW – Inverse Distance Weight) assume que cada ponto medido tem uma influência local e que diminui com a distância. Os pesos diminuem à medida que as células se distanciam do ponto, ficando os maiores valores próximos ao ponto. Para calcular um valor não medido, o IDW usará os valores das amostras à sua volta. Estas amostras mais próximas terão um maior peso do que os valores das amostras mais distantes. Cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta, por isso o nome peso do inverso da distância.

Krigagem

Krigagem é um método geoestatístico avançado que estima os valores da superfície a parir de pontos com valor de Z.

Krigagem é baseada na teoria da regionalização da variável, que assume que a variação espacial de um fenômeno, representada pelo valor Z, é estatisticamente homogênea em toda a superfície (Ex. o mesmo padrão de variação pode ser observada em todas as localidades da superfície). Esta hipótese de HOMOGENEIDADE ESPACIAL é fundamental para a teoria da regionalização da variável.

Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim

os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados. A partir de gráficos como o (semi)variograma, a superfície contínua de dados é criada, e pode-se ter uma idéia da segregação espacial das variáveis, e o alcance da segregação no espaço, em unidades métricas conhecidas, como milhas, quilômetros, etc.

A variação espacial da variável é quantificada pelo semivariograma, que utiliza os dados de entrada. O exemplo de um semi-variograma pode ser visto a seguir:

O variograma é a descrição matemática do relacionamento entre a variância de pares de observações (pontos) e a distância separando estas observações (h). A autocorrelação espacial pode então ser usada para fazer melhores estimativas para pontos não amostrados (inferência = krigagem).

A krigagem se baseia na idéia de que se pode fazer inferências a partir de uma função aleatória Z(x), originando os pontos $Z(x_1)$, $Z(x_2)$, ..., $Z(x_n)$.

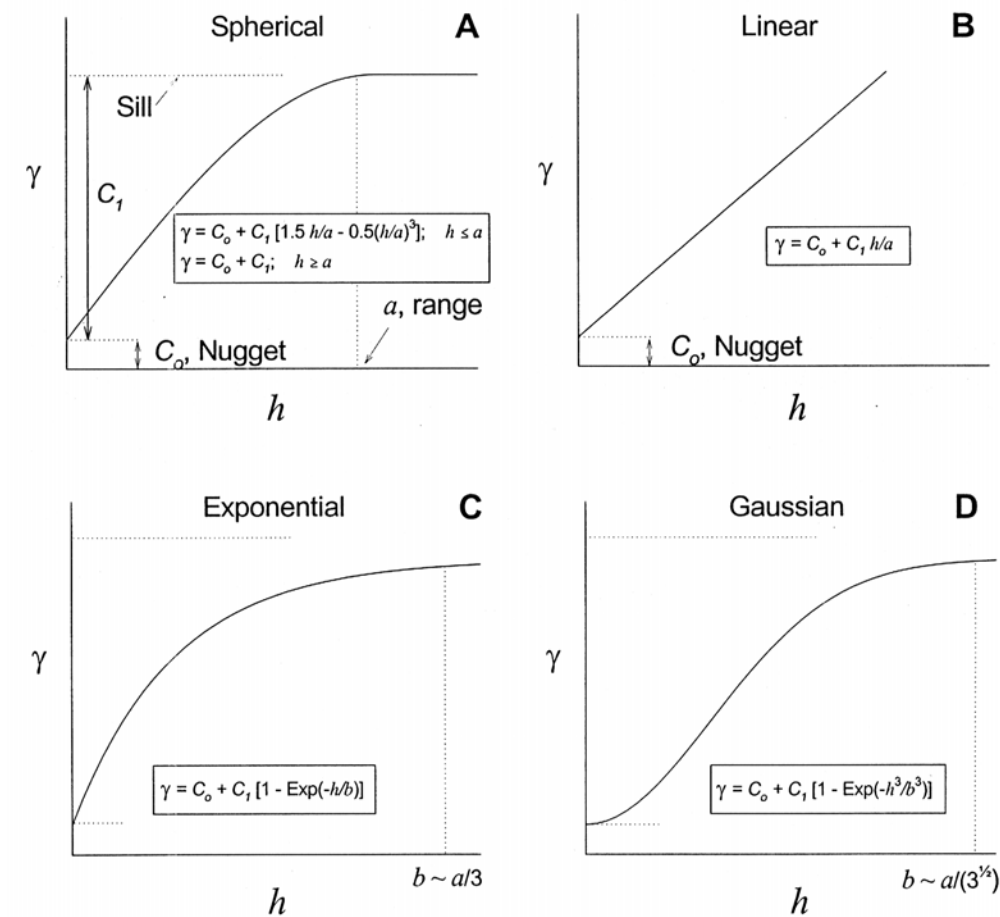
A função $Z(x) = m(x) + \gamma(h) + \varepsilon$ apresenta a média constante, a correlação espacial e o erro residual. A correlação espacial é dada pelo variograma.

$\gamma(h) = ½\ var\ [\ Z(x) – Z(x+h)\ ] = ½\ E\ [\ \{Z(x) – Z(x+h)\}2\ ];$

na prática:

$\gamma(h) = ½\ N(h)\ \Sigma_i[Z(x_i) - Z(x_i+h)]_2$, onde N(h) é o número total de pares de observações separadas pela distância h. E a curva ajustada minimiza a variância dos erros.

A figura a seguir mostra os componentes do variograma, e seus principais modelos. Dentre estes, o mais comum é o exponencial. O efeito pepita (*nugget*) é o ponto inicial da curva, onde a curva toca o eixo γ, quando h=0. O patamar (*sill*) é o valor de γ máximo da curva, o ponto em que não existe mais nenhuma correlação entre as variáveis, sendo assim a variância do conjunto de dados. O alcance (*range*) é o ponto máximo onde existe autocorrelação espacial das variáveis

Fonte: A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos - Alberto Augusto Eichman Jakob UNICAMP/NEPO - http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/gt_sau_st3_jakob_texto.pdf
Manual do ArcGis 9.1

A parte mais importante do variograma é sua forma próximo à origem, uma vez que são os pontos mais próximos os que possuem maior peso no processo de interpolação. Em geral, 30 ou mais pares de pontos são necessários para um bom variograma.

Outros fatores a serem estudados são a anisotropia e a linha de tendência. A anisotropia acontece quando existe uma autocorrelação espacial mais acentuada em uma direção, e a tendência quando alguns atributos (como a média dos dados) se modificam de maneira sistamática. Existem funções específicas para o tratamento destes fatores.

A krigagem produz a melhor estimativa linear não-viciada dos dados de um atributo em um local não amostrado, com a modelagem do variograma. “A krigagem ordinária é geralmente associada como B.L.U.E. (*best linear unbiased estimator*). A krigagem ordinária é ‘linear’ porque suas estimativas são combinações lineares ponderadas dos dados

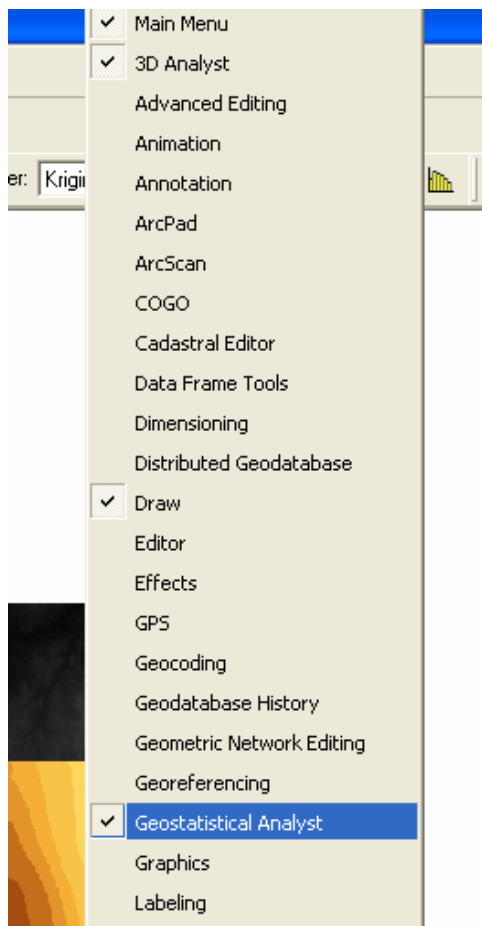
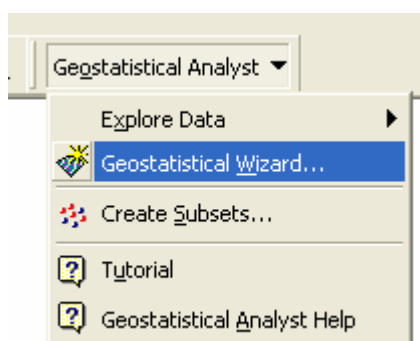
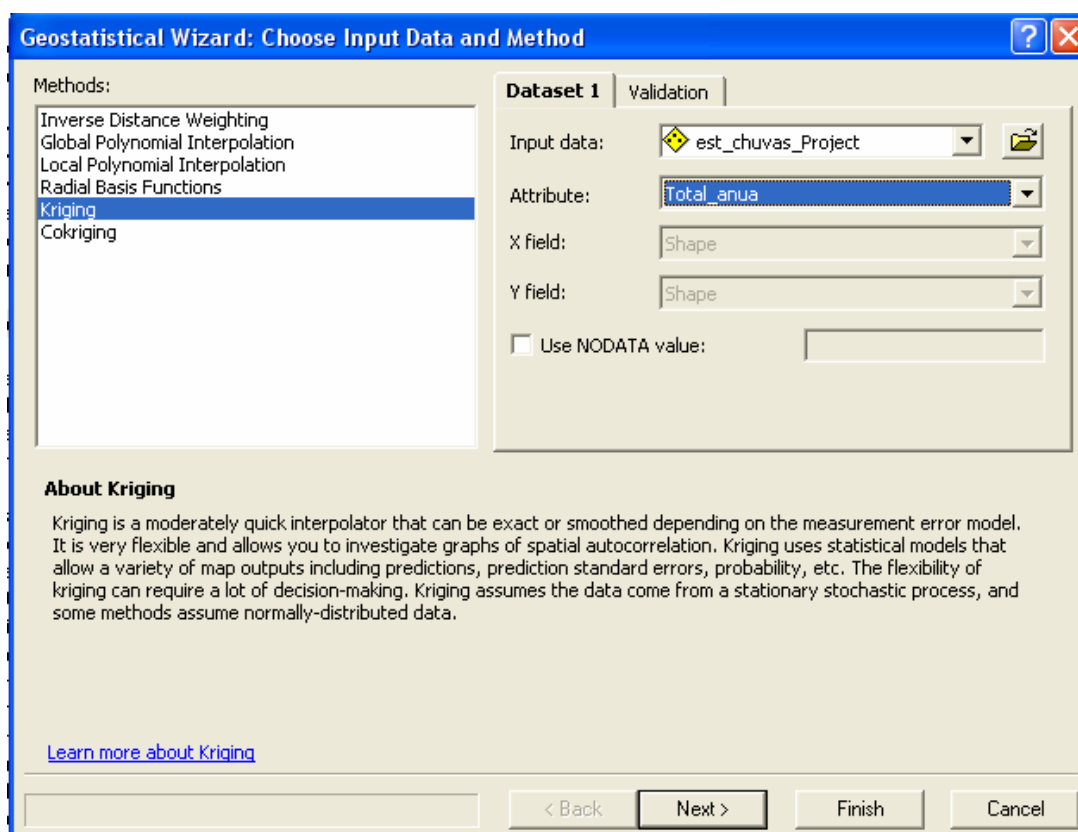
disponíveis; é ‘não-viciada’ porque busca o valor de erro ou resíduo médio igual a 0; e é ‘melhor’ porque minimiza a variância dos erros.” (Isaaks e Srivastava, 1989, p.278).

Existem diversos outros tipos de krigagem, com suas especificidades, como a universal, a pontual, a de blocos e a co-krigagem.

No ArcGIS estão disponíveis as opções: ordinária e universal.

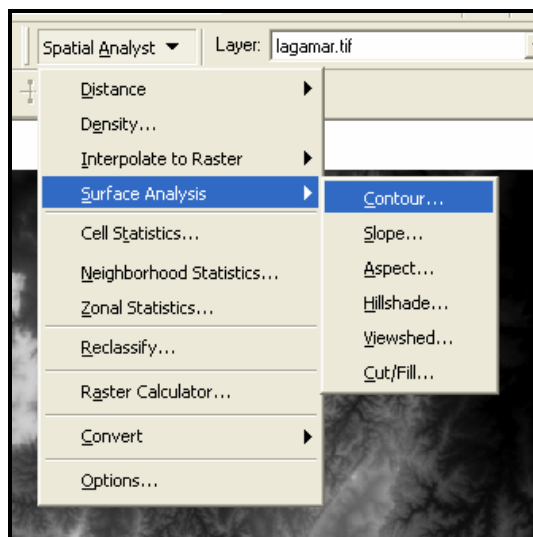
Procedimentos da krigagem:

1- Tenha certeza que seus dados são apropriados para o uso de krigagem
2- Execute a krigagem de diferentes modos. Não esqueça de fazer o semivariograma antes.
3- Examine o semivariograma
4- Examine o semivariogram e selecione o modelo e tamanho de amostras que melhor se ajusta no modelo

Ativar no Main Menu a opção**: Geostatistical Analyst**

Clicar em: **Geostatistical Analyst - Geostatistical Wizard**

Selecionar Krigagem, colocar o nome do arquivo e a coluca com o valor Z

Geostatistical Wizard: Step 2 of 4 - Semivariogram/Covariance Modeling
Semivariogram
Covariance
Model: 1
Model: 2
Model: 3
Circular
Spherical
Tetraspherical
Pentaspherical
Exponential
Gaussian
Rational Quadratic
Hole Effect
K-Bessel
J-Bessel
Stable
Major range
2,30884
Anisotropy
Minor range
Direction
Distance, h
Semivariogram/Covariance Surface
Show search direction
Angle direction:
Angle tolerance:
Bandwidth (lags):
Semivariogram/Covariances:
Var1 & Var1
Modeling
Error Modeling
Parameter
Partial sill
15077
Nugget
7114,7
Shifts
Lag size:
0,29256
Number of lags:
12
15077*Spherical(2,3088)+7114,7*Nugget
< Back
Next >
Finish
Cancel

ISOIETAS

A partir de um raster contínuo extrair as curvas com intervalos desejados.

Abrir: **Spatial Analyst – Contour**

Preencher a tela com os valores de intervalo das isolinhas e o fator Z de escala. Ex.Se suas unidades de **Z** estiverem em metros e as unidades de X, Y em pés, deverá se usado um z-fator de **0.3048** para converter suas unidades de Z de pés para metros. No caso de X e Y em coordenadas geodésicas e o Z em metros fazer a seguinte conversão:

1. Determine a latitude média da área de interesse
2. Converter este valor de graus em radianos 1 degree = 0.0174532925 radians
3. Usar o valor em radiano na seguinte equação Z factor = 1.0 / (113200 * cos(<input latitude in radians>))
4. Este será o valor de z factor

EX. Latitude Média = 19.2

Radianos = 0.335103216

Fator z = 0.0000008834

OBS – Verificar se o ArcGIs esta com “bug” se estiver deixar o “default”.

Contour
Input surface:
lagamar.tif
Contour definition
Input height range:
Z min: -9 Zmax: 1132
Contour interval:
100
Base contour:
0
Z factor:
1
Output information based on input contour definition
Minimum contour:
0
Maximum contour:
1100
Total number of contour values:
12
Output features:
C:\Documents and Settings\P
OK
Cancel
Intervalo das isolinhas
Fator de escala do X e Y com o Z

ANEXO II – TRABALHANDO COM DECLIVIDADE

Nesta instrução, o usuário encontrará os recursos para:

- Confeccionar relevo sombreado;
- Reamostrar espacialmente o MDT (Modelo Digital de Terreno);
- Confeccionar declividade;
- Definir as classes de declividade;

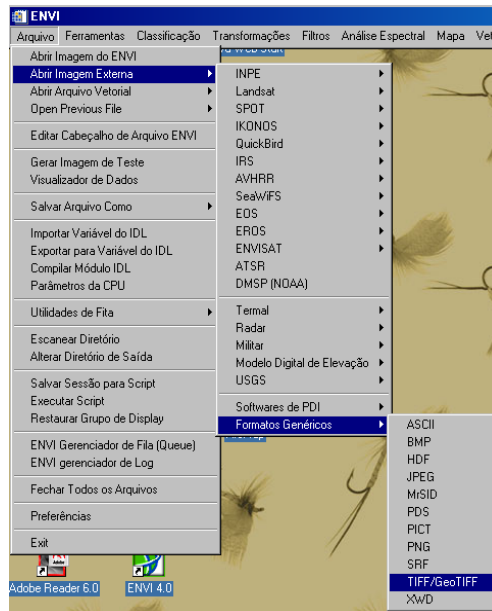
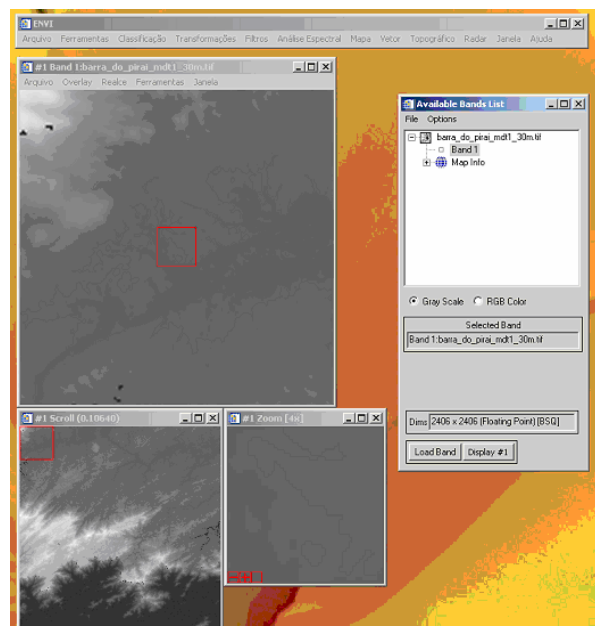
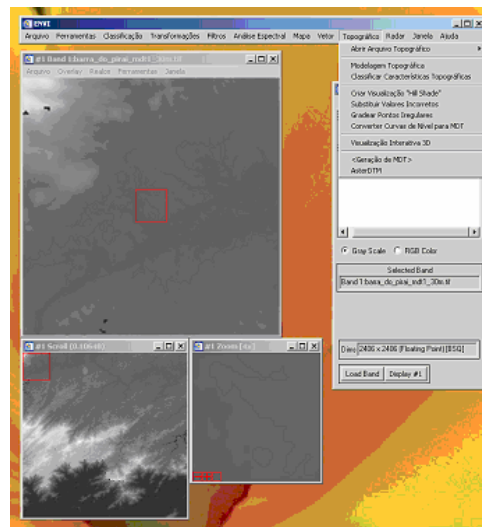
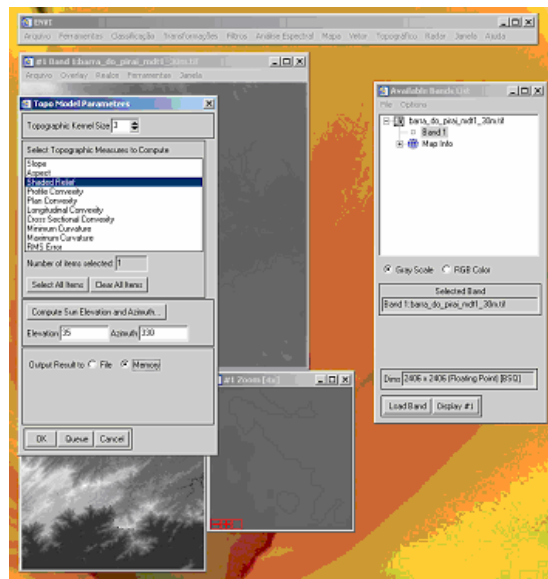
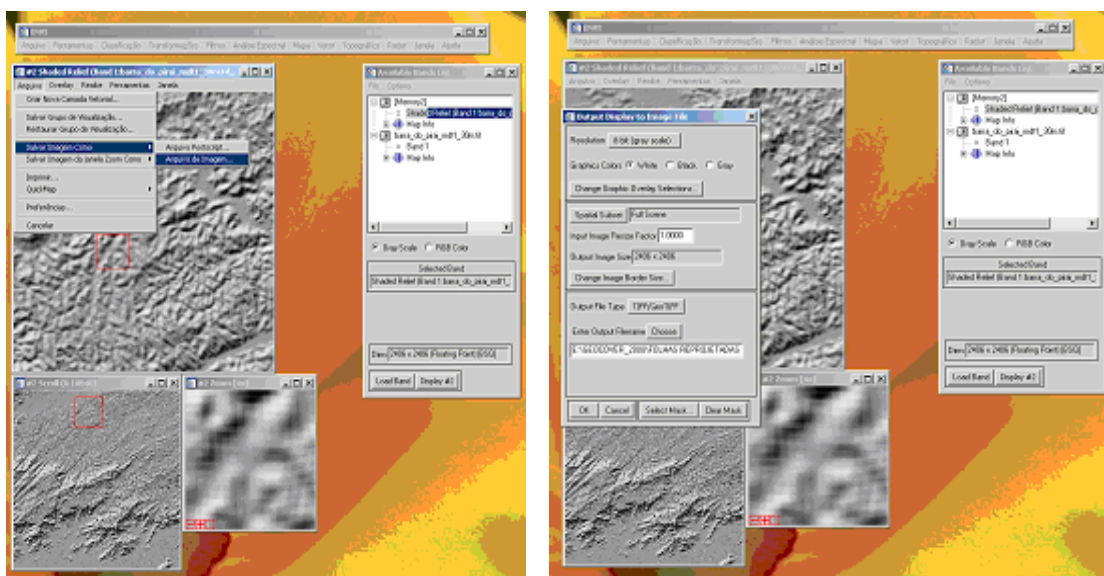
Os dados do MDT foram extraídos do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Dados de domínio público disponíveis em: U. S. Geological Survey, EROS Data Center, Sioux Falls, SD.

RELEVO SOMBREADO

A imagem sombreada gerada a partir de um MDT possibilita visualizar as diferenças de relevo em uma dada região. A imagem sombreada é gerada a partir de uma grade retangular sobre a qual é aplicado um modelo de iluminação. Este modelo de iluminação determina a intensidade de luz refletida em um ponto da superfície considerando uma determinada fonte de luz. A direção da fonte da luz é definida a partir do azimute medido no sentido horário a partir do Norte (eixo y), e do ângulo de elevação medido a partir do plano xy, CREPANI & MEDEIROS (2004).

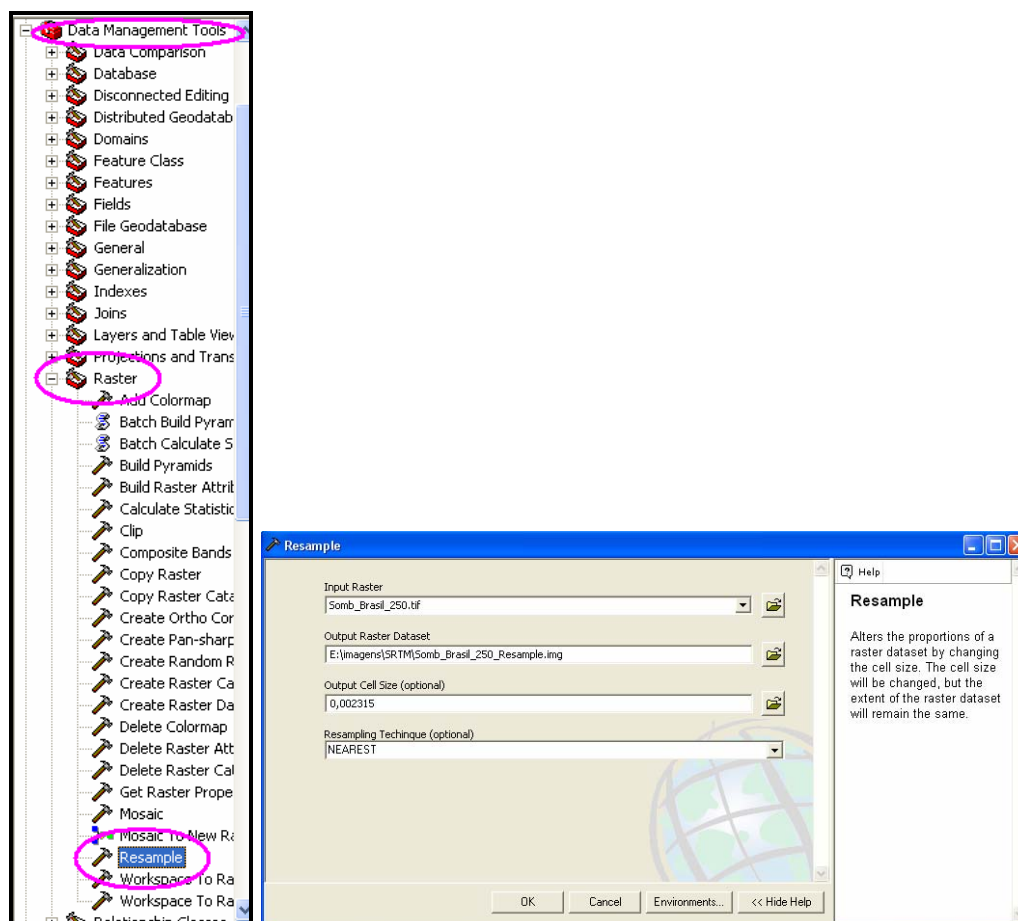
Para criar um relevo sombreado:

O *software* utilizado para fazer relevo sombreado é o ENVI@, podendo-se optar por outros *softwares* de processamento de imagem.

Abrir no Envi a imagem no formato Geotiff do MDT.

Visualizar a imagem e definir orientação estrutural predominante. No exemplo abaixo a direção predominante é NE. Caso o usuário não tenha uma noção prévia da estrutural da área, o ideal é fazer esse modelo nas 4 direções principais (NS, EW, NW e NE) prá depois conseguir avaliar as direções mais representativas de onde devem ser extraídas as feições.

Escolher direção (azimute) da iluminação, que deve ser aproximadamente perpendicular à direção das estruturas. No caso, usaremos 330°.

Clicar em: **Topográfico > Modelagem topográfica > Topo Model input DEM**. Escolher o Modelo digital e depois em **Topo Model Parameters** manter Topographic Kernel Size 3, escolher **Shaded Relief** e completar os parâmetros de elevação e azimute como desejado (elevações mais baixas, sombras mais proeminentes). Gravar na memória.

Gravar a imagem no formato TIFF (8 bits). Na janela de imagem clicar em **menu arquivo > salvar imagem como > arquivo de imagem > Output display to image file**.

REAMOSTRAGEM ESPACIAL DO MDT

Como o projeto SRTM foi executado na resolução espacial de 30 metros e depois reamostrado para 90 metros (exceto os territórios dos EUA e Canadá), para ser disponibilizados, esta técnica descrita a seguir permite aumentar a resolução para atingir a resolução espacial de 30 metros. O importante é que o técnico de hidrogeologia saiba que ele não estará gerando dado novo e que os dados serão reamostrados e não os originais. A imagem será apenas suavizada para facilitar o mapeamento em escalas maiores.

Esta etapa descrita a seguir é executada no *software* **ArcGis**.

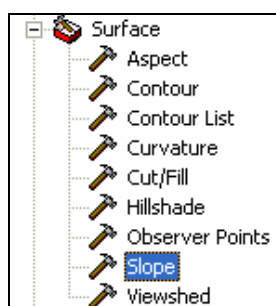
No ArcGis **adicionar o MDT de 90 metros** em formato Geotiff. Ativar o **ArcTool Box** e depois **Data management > Raster > Resample**

OBS 1. Como a imagem está em grau decimal (latitude e longitude) o valor correspondente a 30 metros será o apresentado no campo **Output Cell Size** (tamanho original) **dividido por três**. Se estivesse em UTM colocaria o valor 30.

OBS 2. O método de convolução cúbica é o mais utilizado em reamostragens espaciais, porém o técnico pode escolher outros, como por exemplo, o vizinho mais próximo.

DECLIVIDADE

O texto a seguir descreve resumidamente os procedimentos empregados para extrair do Modelo Digital de Terreno (SRTM), o padrão de declividade do relevo utilizando as ferramentas de análises espaciais do Arcgis 9.

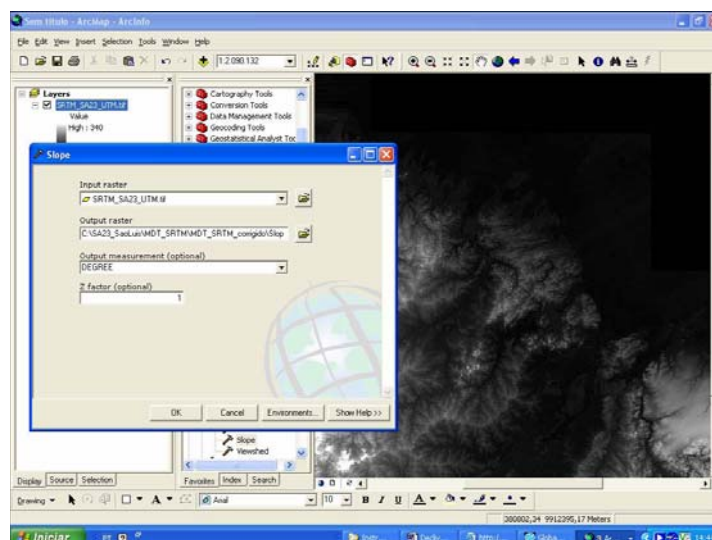
Adicionar o **MDT no ArcGIS**.

Depois de inserido o arquivo, ativar o **ArcTool Box** e depois **SPATIAL ANALYST TOOLS > SURFACE > SLOPE**

A declividade identifica a taxa de máxima mudança do valor de cada pixel para seus vizinhos. O cálculo da declividade do raster pode ser expresso em graus ou em porcentagem.

Ao clicar na função SLOPE, aparecerá uma nova janela onde será realizado o seguinte procedimento: Selecionar o arquivo de entrada (Input Raster), indicar local de destino e o nome do arquivo de saída (Output Raster), vale ressaltar a necessidade de não utilizar nomes que excedam 8 caracteres, evitar deixar espaços entre os caracteres e utilizar qualquer tipo de pontuação ou acentuação.

Em seguida selecione o valor da unidade de medida que será calculada a declividade (**Output measurement (optional),** selecionando **Degree (Graus) ou Percent_Rise (Porcentagem**). Escolha a função **Degree.**

O Z factor (opcional) representa a unidade de convenção da declividade. Quando os valores de X, Y e Z estiverem na mesma unidade de medida, o fator Z é = 1. Caso contrário, é preciso indicar o fator de convenção correto.

Ex: Se suas unidades de **Z** estiverem em metros e as unidades de X, Y em grau decimal, deverá se usado um z-fator de **0.00000925** para converter suas unidades de Z de metros para grau decimal.

Depois click em **OK** para calcular a declividade do raster. Será criado um arquivo no formato Grid.

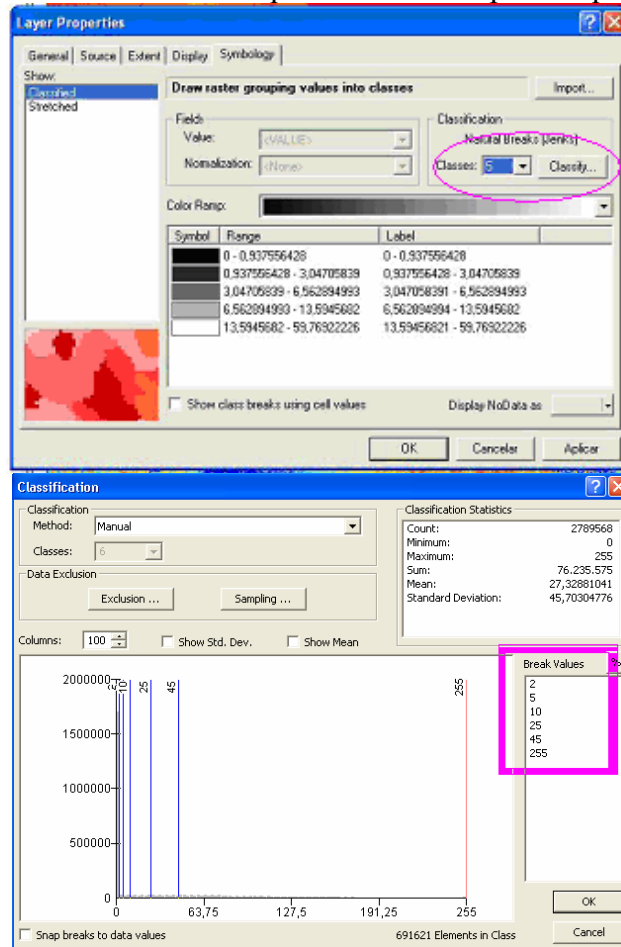
CLASSES DE DECLIVIDADE

Depois do arquivo gerado é possível criar uma escala de cor destacando os valores indicados ou de interesse.

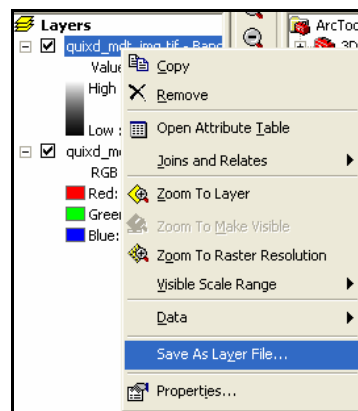
O usuário poderá colocar os valores das classes de acordo com seu interesse, porém os valores indicados neste trabalho são os seguintes:

CLASSES (graus)	RELEVO
0-2	Plano
2-5	Suave Ondulado
5-10	Ondulado
10-25	Forte Ondulado
25-45	Montanhoso
> 45	Escarpado

Para isso, click com o botão direito do mouse sobre o layer da declividade e selecione a opção **properties**. Em seguida selecione **Symbology** e depois na janela Show escolha a opção **classified**.

Click no número de classes e coloque o valor 6 e depois clique em “**Classify...”.**

Em **Break Values** colocar os valores das quebras das classes (2, 5, 10, 25, 45 e deixar a última ex.255).

Clique em **OK** e depois escolha as cores e clique em aplicar.

Para salvar a LYR (paleta de cores), clique no nome da layer com o botão direito do mouse em “Save as layer File”.

Colocar o nome de saída.

Caso seja necessário aplicar a LYR, selecione com o botão direito, **Properties** > **Classified** e importe a LYR. Colocar o campo de indexação.

ANEXO III – TRABALHANDO COM DRENAGENS

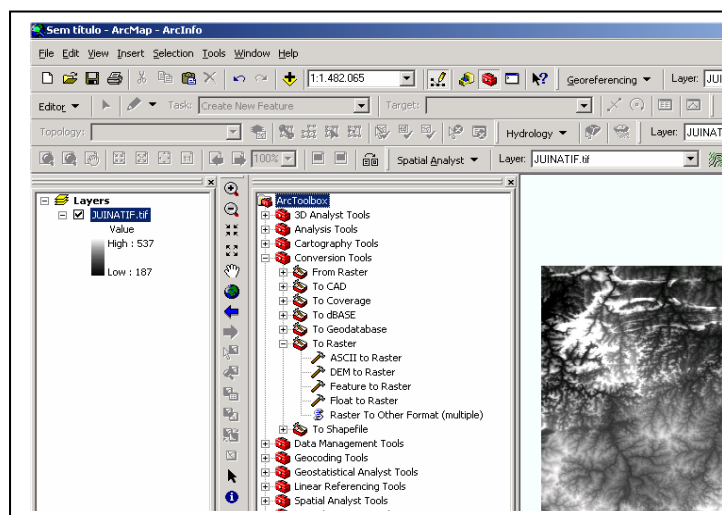
Através desta instrução, o usuário encontrará os recursos necessários para fazer a delimitação automática de bacia hidrográfica no ArcGIS. É necessário o Modelo Digital de Terreno (MDT). Também será abordado neste manual analisar visualmente padrões de relevo.

- Preparação de arquivos
- Extração automática de drenagens;
- Delimitação automática de bacias;
- Digitalização de drenagens.

PREPARAÇÃO DE ARQUIVOS

Ao trabalhar com rasters no ArcView, devemos tomar alguns cuidados básicos.

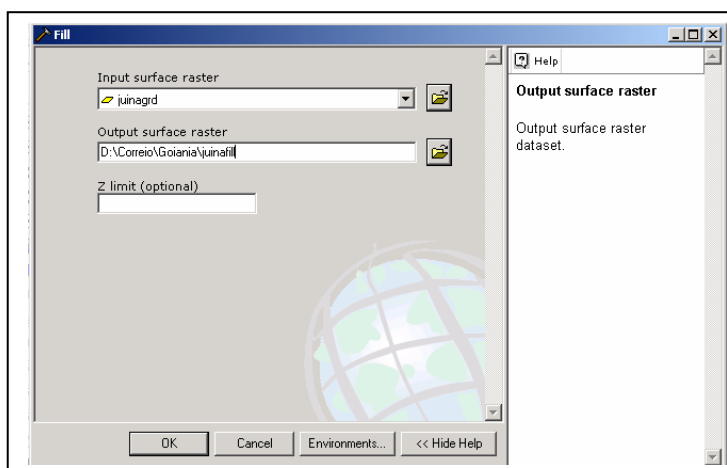
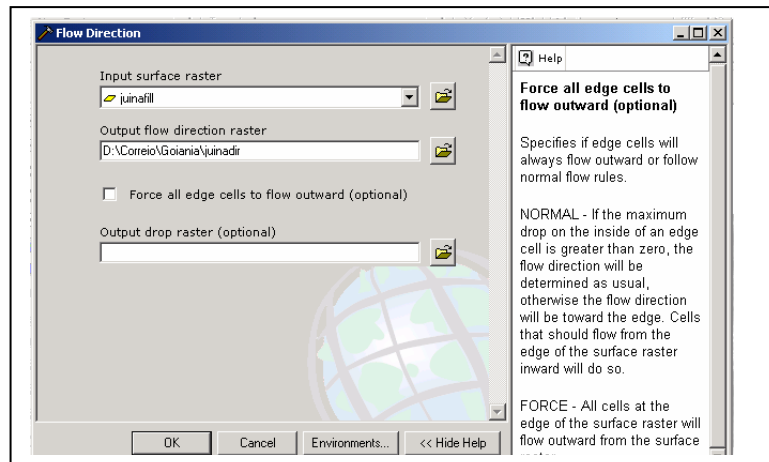
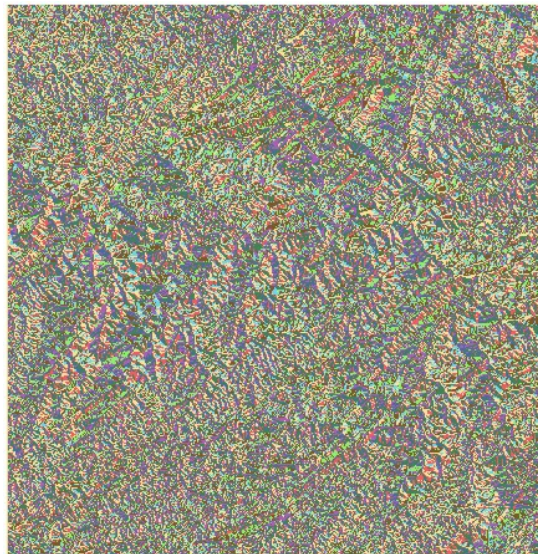
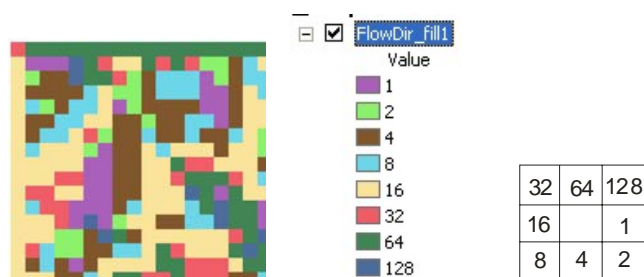
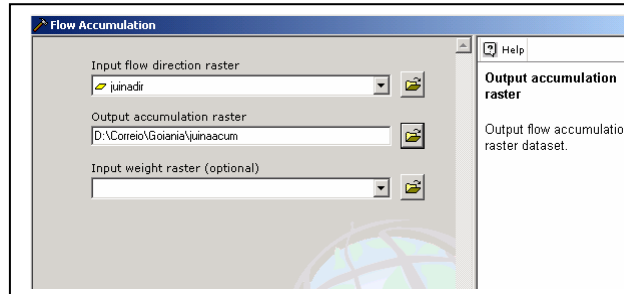
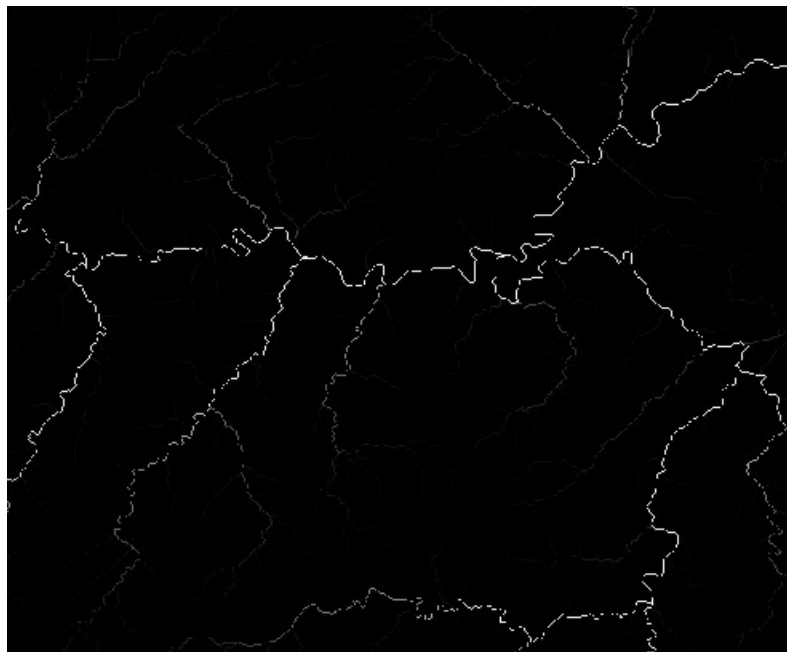
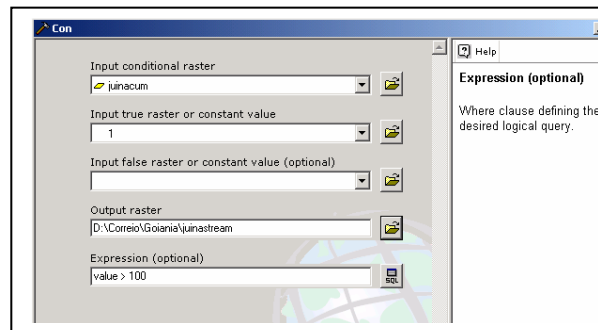
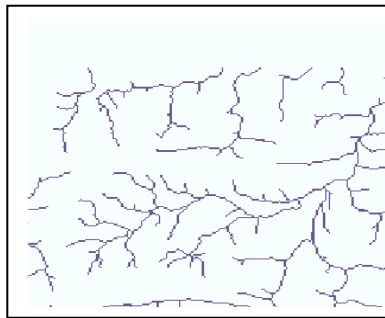
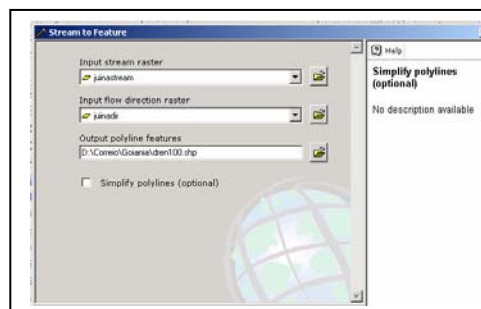
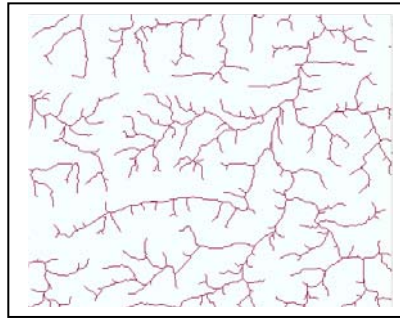
Como neste exercício extrairemos drenagens a partir de modelo digital de terreno, o MDT deverá ter uma área de borda maior que a área em que se pretende trabalhar, para não gerarmos erros nos limites da área.

Além disto, os nomes dos arquivos raster e dos diretórios que os contém devem ser curtos, sem acentos ou espaçamento entre palavras. A versão ArcView9.2 suporta bem qualquer formato de raster, mas nas versões anteriores, é aconselhável trabalhar com o formato grd, que é o formato nativo da ESRI. Para transformar um formato raster qualquer para grd, abra o ArcView e adicione o raster. Abra a caixa de ferramentas do ***Arctoolbox*** e selecione a ferramenta ***Convertion Tools>To raster>Raster to other format (multiple)***

Na caixa que se abre, em ***input raster***, selecione o MDT, em ***output Workspace***,

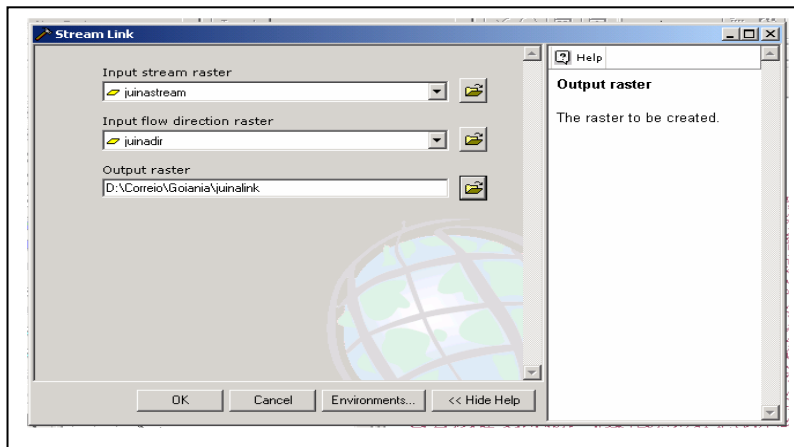
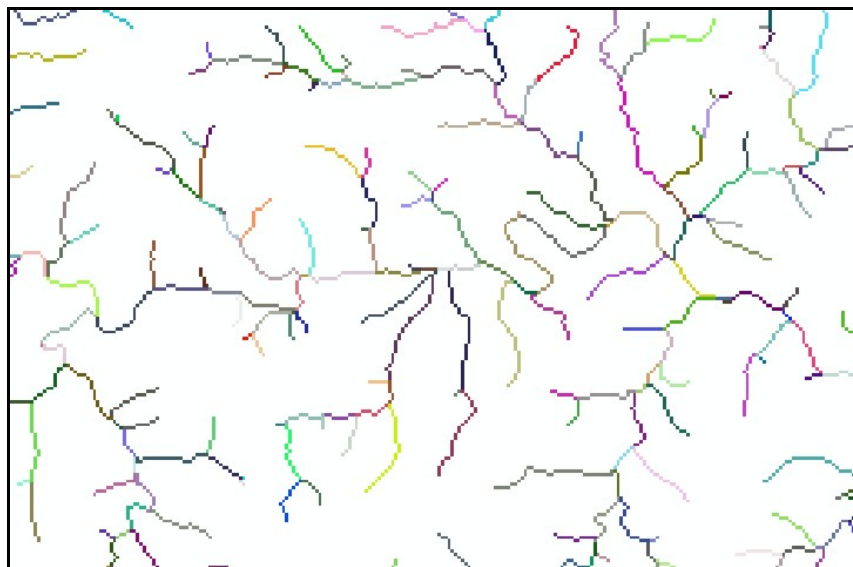
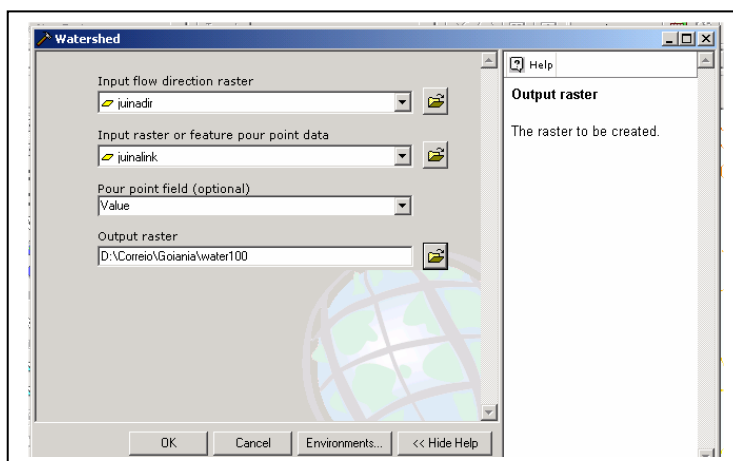
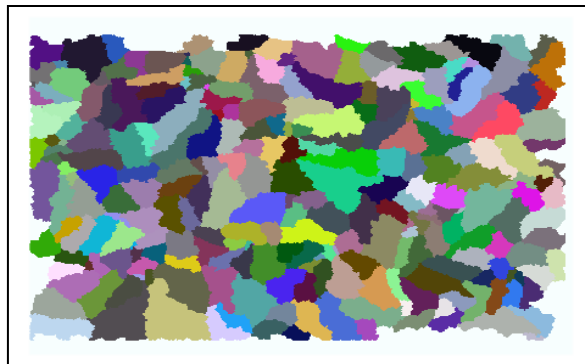
selecione o diretório onde ele será salvo, e em ***raster format***, selecione GRD. Clique em OK e espere a finalização do processamento. Será salvo um arquivo com o mesmo nome do original no diretório especificado. Adicione o novo raster na área de trabalho.

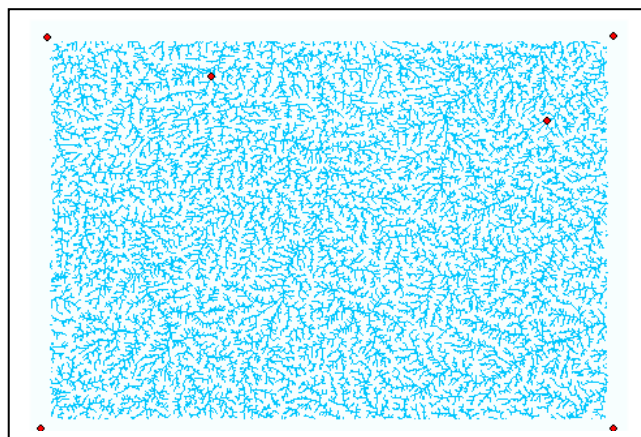
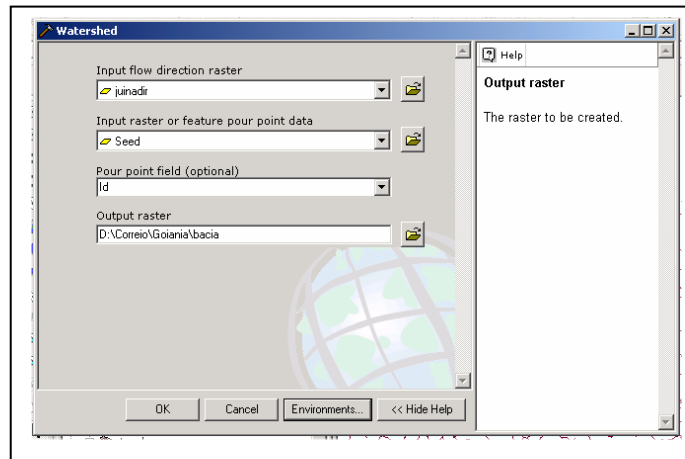
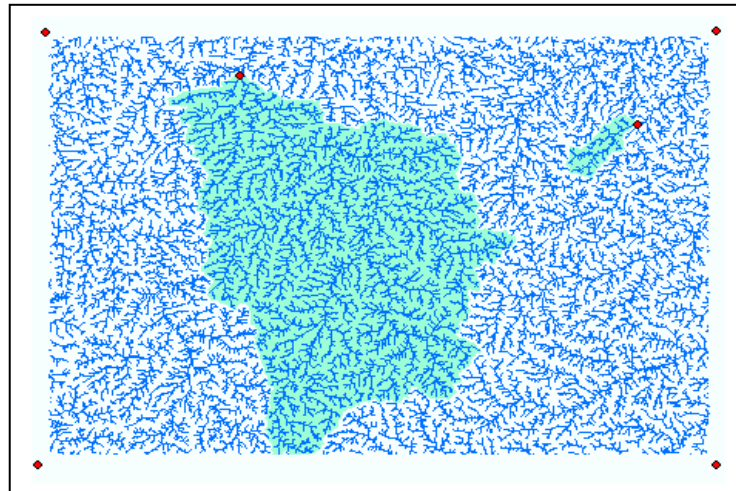
EXTRAÇÃO DE DRENAGEM

Para a extração de drenagens a partir de um MDT devemos, inicialmente, gerar um MDT sem depressões. Para isso, adicione o MDT na área de trabalho e no ***arctoolbox***, selecione ***Spatial Analyst Tools>Hydrology>Fill***

Na janela que se abre, em ***input surface*** selecione o MDT e em ***output surface*** navegue até o diretório onde será salvo e digite o nome do arquivo de saída. Lembre-se, este nome deve ser curto, sem acentos ou espaços. O raster de preenchimento de bacia é automaticamente adicionado na sua área de trabalho e tem aparência semelhante ao MDT

Agora é necessária a geração de um raster que calcule a direção de fluxo. Para isso, selecione ***Spatial Analyst Tools>Hydrology>Flow Direction***. Na janela que se abre, selecione em ***input*** o raster gerado na etapa anterior (fill), em ***output*** navegue até o diretório, digite o nome do raster de saída e selecione a opção ***force***.

O raster deve ter a aparência abaixo e é automaticamente adicionado à sua área de trabalho

Neste raster, o valor de cada pixel, representado por uma cor, corresponde a direção de fluxo de cada célula, conforme o esquema abaixo.

O Passo seguinte é gerar um raster de fluxo acumulado, onde cada célula registra o número de células que correm para ela. Selecione ***Spatial Analyst Tools>Hydrology>Flow Accumulation***. Na janela que se abre, selecione em input o raster de direção e em output navegue até o diretório e digite o nome do raster de saída.

O raster deve ter a aparência abaixo e é automaticamente adicionado à sua área de trabalho

Para gerar o raster com a extração de drenagens, selecione ***Spatial Analyst>Conditional>con***. Na janela que se abre, em input conditional raster, selecione o raster de **fluxo acumulado**. Em ***Input true raster or***... digite **1**. Em ***output raster***, navegue até o diretório onde será salvo e dê o nome para o raster de saída. Em ***expression***, digite a fórmula ***value*** > ***100***. Com estes parâmetros será gerado um raster onde toda a célula que tenha um valor de fluxo acumulado maior que 100 será considerada como drenagem e a ela será atribuído o valor 1. Outras células não terão valor especificado.

O raster deve ter a aparência abaixo e é automaticamente adicionado à sua área de trabalho

Para gerar uma shape a partir do raster de drenagem, selecione ***Spatial Analyst Tools>Hydrology>Stream to feature.*** Em ***input stream raster***, selecione o raster de drenagem, em ***input flow direction***, selecione o raster de direção de fluxo e em ***output raster***, navegue até o diretório onde será salvo e dê o nome para o raster de saída. Pode-se optar por generalizar os traços de drenagem ou não.

A SHAPE gerada é automaticamente adicionada à sua área de trabalho

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para delimitar todas as bacias hidrográficas de uma determinada região

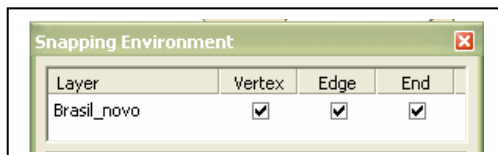
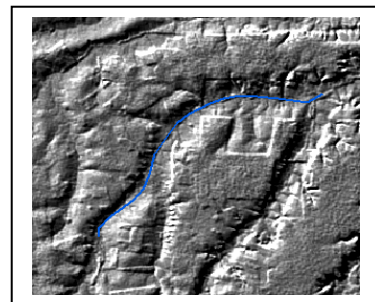
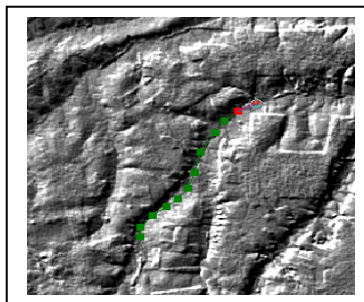
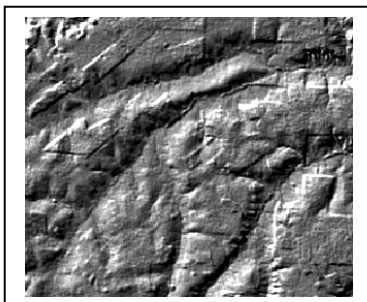
A. Crie um raster atribuindo a cada trecho de drenagens valores únicos, que corresponderão à direção do fluxo na bacia. Para isto, selecione ***Spatial Analyst Tools>Hydrology> Streamlink.*** Em ***input stream raster***, selecione o raster de drenagem (gerado com a ferramenta ***con***), em ***input flow direction raster***, selecione o raster de direção de fluxo, e em ***output raster,*** navegue até o diretório onde será salvo e dê o nome para o raster de saída.

A aparência do raster deve ser a seguinte, após ajuste da simbologia para ***Unique Values***

B. Para delimitar as bacias, selecione ***SpatialAnalystTools>Hydrology>Watershed***. Em ***input flow direction***, selecione o raster de direção de fluxo, em ***input raster or***, selecione o raster streamlink, gerado no passo anterior, em ***output raster***, navegue até o diretório onde será salvo e dê o nome para o raster de saída.

A aparência do raster deve ser a seguinte, após ajuste de simbologia em ***Unique Values***

OBS Dica: Se o raster de drenagens foi gerado a partir do limiar 100, como no exemplo na etapa anterior, as bacias serão delimitadas em função deste limiar e devem ser bem pequenas. Para delimitar bacias maiores, gere arquivos de drenagem com limiares maiores (1000 ou 5000) através da ferramenta ***con***.

C. Para delimitar bacias hidrográficas específicas a partir de uma estação de coleta ou ponto, insira na área de trabalho uma shape com pontos nas drenagens a partir de onde as bacias devem ser delimitadas. Se for delimitar uma única bacia de drenagem, esta shape pode conter única e exclusivamente este ponto. Se for delimitar mais de uma bacia, a shape deverá conter quatro pontos, delimitando uma envoltória que englobe toda a área e os pontos a partir de onde se deseja delimitar as bacias, como no exemplo abaixo.

No caso exemplificado, serão delimitadas duas bacias a partir de dois pontos coletados dentro da área de estudos. Os pontos devem estar exatamente sobre os pixels das drenagens. Para delimitar as bacias selecione ***Spatial Analyst Tools>Hydrology> Watershed***. Em ***input flow direction***, selecione o raster de direção de fluxo, em ***input raster or feature pour point data***, selecione a shape de pontos e em ***output raster***, navegue até o diretório onde será salvo e dê o nome para o raster de saída.

As bacias serão geradas como no exemplo a seguir.

Em alguns casos, as bacias geradas podem ser de apenas um pixel, pelo posicionamento do ponto. Tente carregar o ponto coletor um pouquinho adiante sobre a drenagem e repita a operação

DIGITALIZAR DRENAGENS

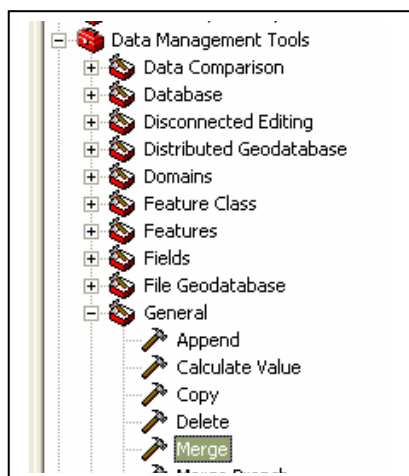
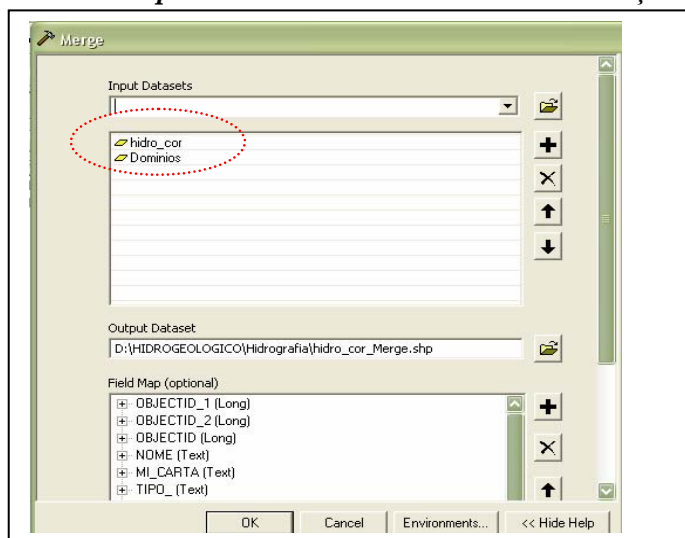
Adicione a imagem do relevo sombreado e a shape de hidrografia no ArcGis. Insira a caixa de ferramenta de edição; ***Tools/ Customize/ toolsbar/ Editor.***

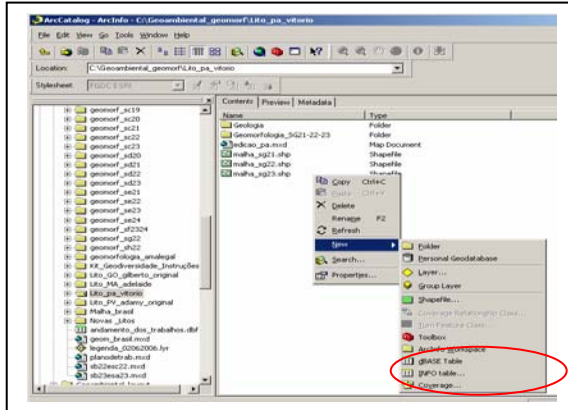
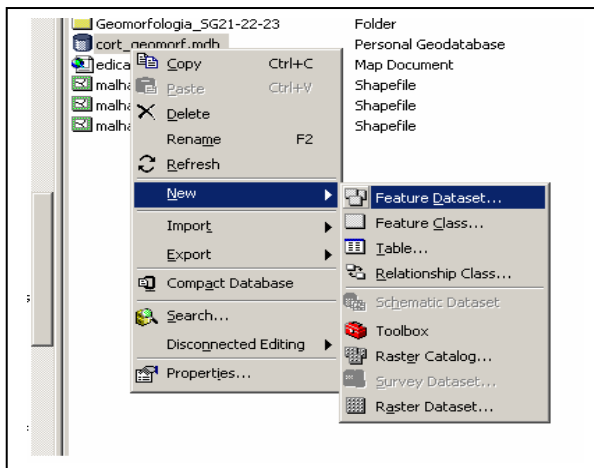
Para iniciar a edição de qualquer arquivo shapefile é necessário estar com o ***Start editing*** ativado. Na opção ***Target***, circulado de vermelho, selecione a shape para edição, no ***Task*** a função a ser realizada, por exemplos: criar polígonos, cortar polígonos, modificar feições e etc.

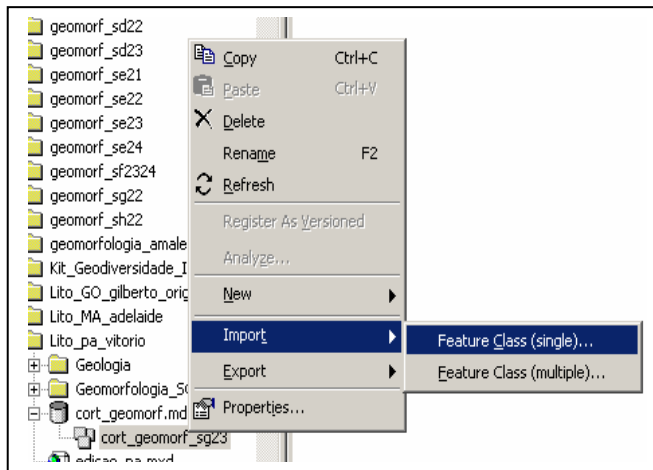
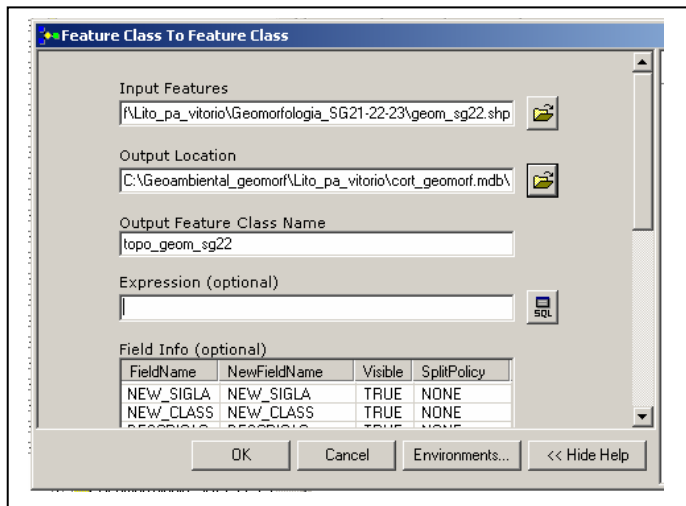
OBS: Em ***Editor/Snapping*** ativar vertex, Edge e End da shape que está aberta para edição. Este procedimento é necessário para evitar problemas de topologia.

Para iniciar a digitalização deverá ativar a ferramenta de ***Sketch Too***" (Lápis) e o ***Task*** automaticamente ficará preenchido com "***Create New Feaure***".
Iniciar a digitalização clicando sobre o relevo sombreado onde possam ser identificados os canais de drenagem, e para finalizar clique duas vezes.

ANEXO IV – CORREÇÃO TOPOLÓGICA

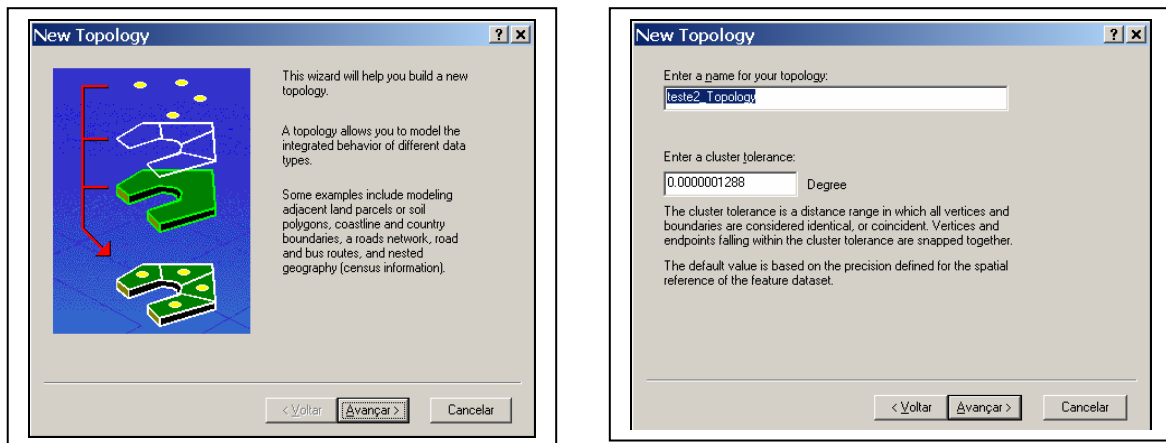
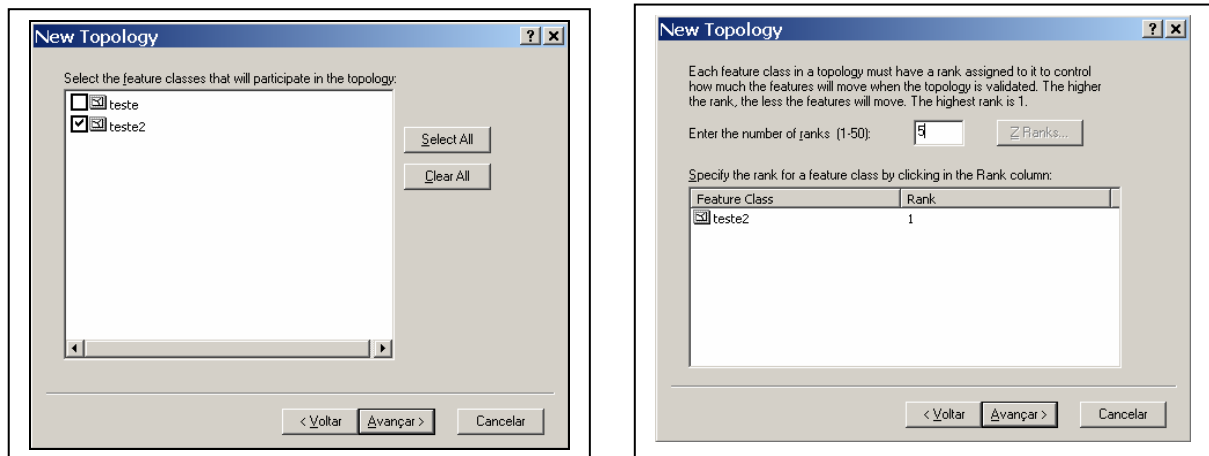
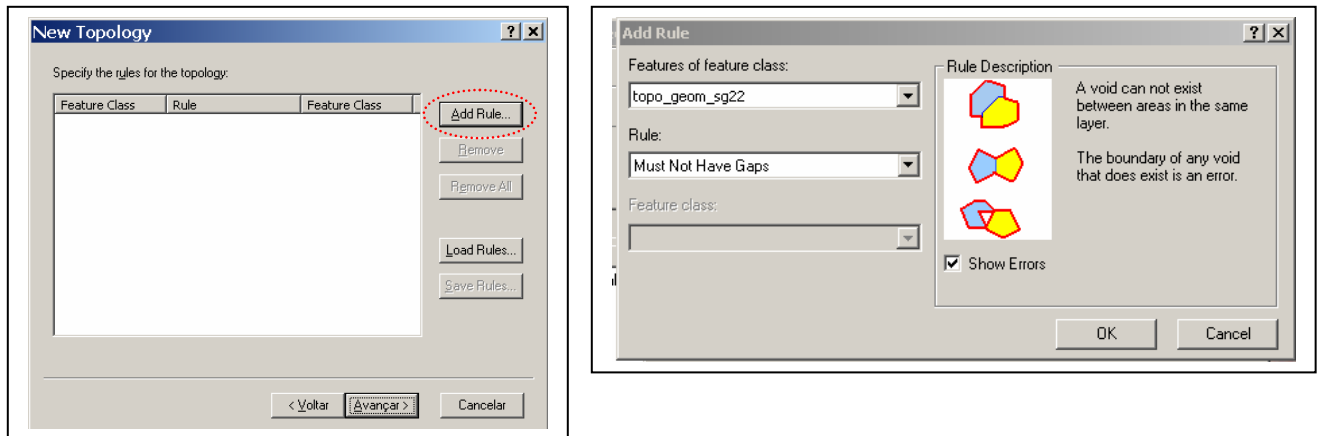
Através desta instrução, o usuário encontrará os recursos necessários para: fazer a correção topológica que deverá ser aplicada no arquivo final de polígonos da shape de hidrogeologia. Para fazer a correção de erros topológicos no ArcGIS primeiro o usuário deverá unir os shapes dos temas de drenagem (polígono) com a shape de hidrogeologia utilizando a ferramenta ***Merge***

Para unir as shapes de Hidrogeologia e Drenagem

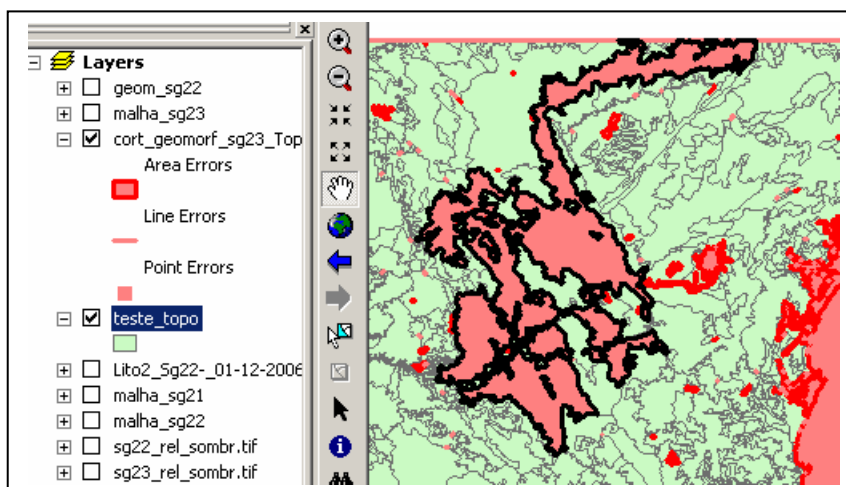
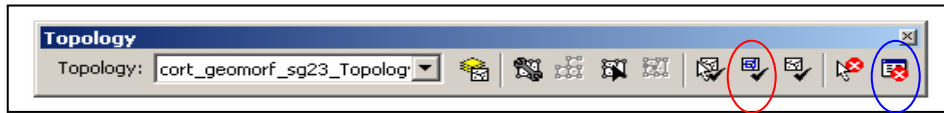
1. Abrir o ***Arc Toolbox*** clicar em ***Data Management Tools***/ ***General***/ ***Merge.***

2. No ***Input Dataset*** adicionar as shapes que serão unidas uma de cada vez, como o exemplo abaixo. No ***Output Dataset*** colocar o nome e endereço do arquivo de saída e OK

Para Criar um Geodatabase e Gerar a Shape com os erros de Topologia

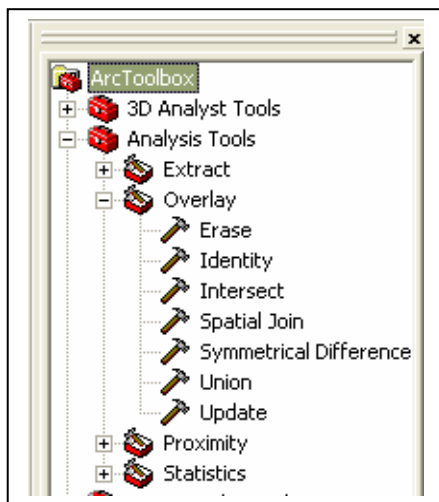
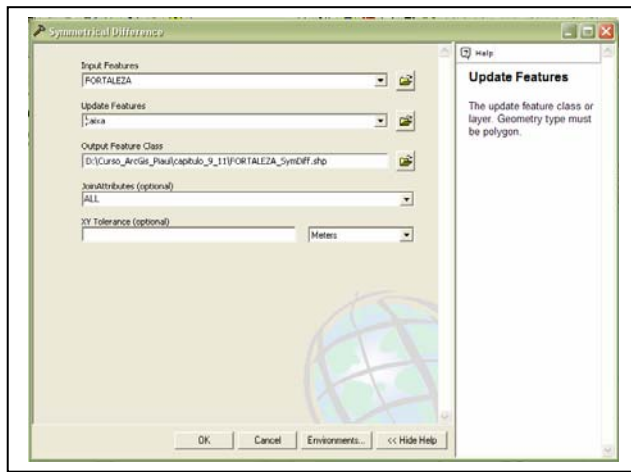
1. Abrir o ***ArcCatalog***
2. Clicar com o botão direito na pasta ***Contents*** vai aparecer uma janela
3. Clicar em ***new / Personal Geodatabase***
4. Coloque um nome para o **Geodatabase**

5. Com o botão direito no ***Geodatabase / new / feature Dataset***

6. Colocar o nome da Feature Dataset. Aparecerá uma janela onde deverá ser definida a projeção do arquivo (neste projeto será **Geográfica WGS-84**). Se perguntar pela referência de Z colocar none.

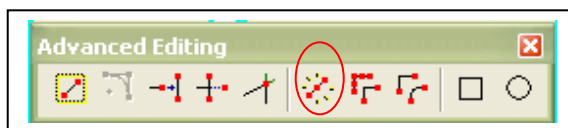
7. Depois com o mouse sobre o ***Feature Dataset*** clique com o botão direito ***import / Feauture Class (single)***

8. Aparecerá uma Janela

9. No ***input Feature*** coloca a shape que você deseja fazer a correção topológica
10. No ***output location*** é onde você vai salvar sua nova shape
11. No ***Output Feature Class Name*** o nome do seu novo arquivo
12. ok
13. Agora com o botão direito no ***Feature Dataset / new / topology***

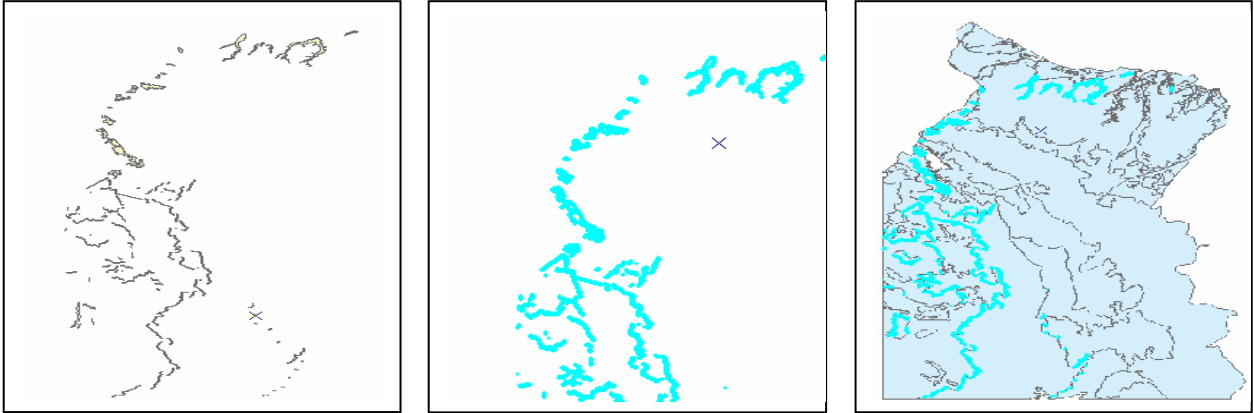
14. Na janela que se abriu clique em avançar e na próxima escolha um nome para o arquivo de correções topológicas.

15. Qualquer mudança neste arquivo se refletirá na ***feature class***. O default para a tolerância normalmente é apropriado e não precisa de grandes mudanças. Clique em ***avançar*** e selecione uma ou mais ***feature class*** que participarão da topologia. Na janela seguinte deixar o valor de ***rank*** no default.

16. Na janela a seguir o usuário poderá adicionar quantas regras de topologia quiser. No caso do projeto deverá selecionar na caixa do ***Rule*** (circulado de vermelho) as opções ***Gap (must not have gap) e Overlap (must not overlap),*** quando terminar, conclua o procedimento.

17. Uma janela abrirá automaticamente perguntando se o usuário quer validar a topologia, confirme e o novo arquivo será criado e validado dentro do mesmo ***feature dataset***.

Corrigindo os erros de topologia

1. Inserir o shape de topologia no ***Arcmap***. A figura abaixo apresenta os erros que deverão ser corrigidos.

2. Adicionar duas tools: ***Editor*** *e* ***Topology.***
3. Abrir para edição – ***Start Editing***

4. Fazer zoom numa determinada área
5. Clicar no ícone circundado de vermelho que fará o diagnostico dos erros da área selecionada.
6. No ícone azul vai aparecer a tabela de erros.
7. Nos polígonos que apresentarem erros de ***overlap*** selecionar o polígono com a ferramenta ***Select features*** e depois clicar em ***editor – clip – discard the área that intersects.***
8. Para corrigir os erros de ***Gap*** deverá ser criada uma shape, no Arccatalog, em formato de caixa cobrindo toda a shape que está sendo passada a correção topológica.
9. No ***Arctoolbox / Analysis Tools / Overlay / Symmetrical Difference***. (A)

(A)

10. Abrirá a caixa ***Symmetrical Difference***
11. ***Input Features –*** A shape a ser feita a correção topológica
12. ***Update Features*** – A caixa criada
13. ***Output Features Class*** – local onde será criado o novo arquivo
14. Ok.

15. O resultado será uma shape com a interseção entre as duas shapes, ou seja, as áreas de ***Overlap*** (buraco).

16. Esta shape está agrupada sendo um único record,ou seja, todos os polígonos são o mesmo atributo na tabela. Para continuar a fazer a correção topológica habilitar a ***Tools*** / ***Advanced editing.***

17. Selecionar a shape e habilitar a edição e depois a função ***Explode Multi-part feature*** **(**circulo vermelho). Agora cada polígono é um *record*. Selecionar a "Moldura" e deletar do arquivo, selecionar os demais polígonos do arquivo e fazer uma cópia no Main Menu ***Edit / Copy***

18. Fechar a Edição desta shape salvando as alterações. Abrir para adição a shape que está sendo feita a correção topológica**,** no Main Menu ***Edit / Paste***. Os polígonos colados aparecerão selecionados e é muito importante que essa seleção não seja alterada.

19. No ***Arctoolbox / Data management tools / Generalization / Eliminate.*** Essa ferramenta eliminara todos os polígonos selecionados com o seu vizinho próximo com maior área. Salvar e parar a edição.
20. Para verificar se os erros de Overlap (buraco) estão corrigidos é só refazer o procedimento do ***Symmetrical Difference*** se o arquivo estiver corrigido não aparecerá nenhum polígono exceto a moldura.